

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**Projecto e Concepção de Adaptação de  
Equipamento Industrial**

Rui Ferreira

Dissertação realizada no âmbito do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Major Energia

Orientador: Prof. Dr. Mário de Sousa

Julho de 2009



A Dissertação intitulada

“PROJECTO E CONCEPÇÃO DE ADAPTAÇÃO DE EQUIPAMENTO INDUSTRIAL”

foi aprovada em provas realizadas em 16/Julho/2009

o júri



Presidente Professor Doutor Paulo José Lopes Machado Portugal  
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores da  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Professor Doutor Jaime Francisco Cruz Fonseca  
Professor Associado do Departamento de Electrónica Industrial da Universidade do Minho



Professor Doutor Mário Jorge Rodrigues Sousa  
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores da  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projecto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extractos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são correctamente citados.



Autor - RUI FILIPE DA COSTA FERREIRA

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



# Resumo

O trabalho descrito neste documento, proposto pela empresa Quintas&Quintas, tem como principal objectivo a reformulação de um processo fabril, mais concretamente, do processo de aplicação da cobertura de finalização das alças dos cabos comercializados, processo esse que actualmente é realizado de forma manual.

O projecto consiste na adaptação de uma máquina de entrançar, actualmente inutilizada, desenvolvendo para isso um sistema de controlo e monitorização, que seja capaz de lhe conferir a capacidade de realizar, de uma forma semi-automática, essa mesma malha, de finalização das alças, para uma vasta gama de produtos, substituindo assim o actual método manual em vigor.

Esta máquina será responsável por uma melhoria significativa tanto no preço de custo como nos tempos de execução dos produtos, possibilitando ainda uma melhoria na qualidade final, ora técnica ora estética.



# Abstract

The work described in this document, proposed by the company Quintas & Quintas, has as main objective the revision of a manufacturing process, more specifically, the process of making the final cover for the rings at the end of the ropes made by the company, a process that is currently performed manually.

The project consists in making an adaptation of a braiding machine, now out of function, developing a system for the control and monitoring, capable of giving it the ability to create, in a semi-automatic way, that final cover for a wide range of products, replacing as well the current manual method in place.

This machine will be responsible for a significant improvement in the cost price and the time of execution of the products, allowing also better quality, even technical and visual





# Agradecimentos

Antes de iniciar a apresentação deste trabalho, gostaria de em primeiro lugar demonstrar o meu profundo agradecimento a algumas pessoas que foram para mim de extrema importância tanto na minha vida académica como pessoal.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus pais por constantemente me terem apoiado e orientado ao longo da vida, dando-me grande parte dos alicerces necessários para poder ser o que sou hoje.

Em segundo lugar gostaria de agradecer aos meus irmãos, familiares e amigos que directa ou indirectamente sempre estiveram presentes nos momentos marcantes do meu percurso de vida, dando-me de igual forma todo o apoio para que conseguisse atingir todos os meus objectivos.

Em terceiro lugar não poderia esquecer a minha namorada que me acompanha já há mais de seis anos, apoiando-me totalmente e de forma incondicional em todas as minhas escolhas e opções e estando sempre ao meu lado tanto nos momentos bons como nos menos bons.

Quanto à vida académica propriamente dita, queria expressar também os meus agradecimentos a todos os professores que me acompanharam ao longo deste período sem os quais não conseguiria chegar até este ponto.

Relativamente a este trabalho, um especial agradecimento ao Eng. Mário de Sousa que me orientou ao longo destes últimos 4 meses, ao Eng. António Ferreira, da Quintas&Quintas, por ter proposto este projecto à FEUP e por me ter escolhido para o desenvolver, ao Sr. Carlos Machado, da Mais Automação, por disponibilizar o espaço e o material para poder desenvolver e ensaiar o sistema e ao Mr. Simon Clark, da SSD Drives – London, pela sua disponibilidade e apoio técnico, essencial para o desenvolvimento da parte computacional deste projecto.



# Índice

<b>Resumo .....</b>	<b>5</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Agradecimentos .....</b>	<b>9</b>
<b>Índice .....</b>	<b>11</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>15</b>
<b>Lista de tabelas .....</b>	<b>17</b>
<b>Abreviaturas e Símbolos .....</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>21</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>21</b>
1.1 Apresentação da Empresa .....	22
1.1.1 O início: .....	22
1.1.2 A Fusão: .....	23
1.1.3 Actualidade: .....	23
1.2 Apresentação do Projecto .....	24
1.2.1 Introdução ao processo de fabrico: .....	24
1.2.2 Descrição do projecto: .....	25
1.3 Objectivos: .....	27
1.4 Organização do documento: .....	28
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>29</b>
<b>2 Análise de Requisitos .....</b>	<b>29</b>
2.1 Introdução: .....	29
2.2 Requisitos exigidos: .....	30
2.3 Descrição do funcionamento operacional da máquina: .....	32

<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>35</b>
<b>3     Previsão de Rentabilidade do Investimento .....</b>	<b>35</b>
3.1    Introdução: .....	35
3.2    Custos Actuais: .....	35
3.3    Previsão de custos futuros: .....	37
3.4    Rentabilidade prevista: .....	40
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>43</b>
<b>4     Normas de Segurança.....</b>	<b>43</b>
4.1    Introdução: .....	43
4.2    Normas aplicáveis ao projecto: .....	43
4.3    Aplicação das normas: .....	48
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>51</b>
<b>5     Arquitectura do Sistema de Controlo .....</b>	<b>51</b>
5.1    Introdução: .....	51
5.2    Definição do sistema: .....	51
5.3    Sensores: .....	52
5.4    Variadores de Velocidade: .....	57
5.5    Consola: .....	58
5.6    Comunicações: .....	59
5.6.1 Esquema de ligações: .....	59
<b>Capítulo 6 .....</b>	<b>61</b>
<b>6     Instalação Eléctrica .....</b>	<b>61</b>
6.1    Introdução: .....	61
6.2    Sistemas de protecção: .....	61
6.3    Características da instalação: .....	62
6.4    Dimensionamento: .....	65
6.4.1 Circuito de Potência: .....	65
6.4.2 Alimentação do quadro da máquina: .....	66
6.4.3 Alimentação do motor 1: .....	69
6.4.4 Alimentação do motor 2: .....	73
6.4.5 Alimentação do transformador: .....	76
6.5    Resumo do circuito de potência dimensionado: .....	77

<b>Capítulo 7 .....</b>	<b>79</b>
<b>7     Programação do Sistema de Controlo .....</b>	<b>79</b>
7.1    Introdução: .....	79
7.2    Estrutura da Interface gráfica: .....	79
7.3    Programação:.....	81
7.3.1 Definição das variáveis:.....	82
7.3.2 Programação dos variadores:.....	86
7.3.3 Programação da consola:.....	92
7.3.3.1    Software: .....	92
7.3.3.2    Comunicações: .....	93
7.3.3.4    Variáveis: .....	94
7.3.3.5    Interface Gráfica:.....	96
7.3.3.6    Programação: .....	102
7.3.3.7    Controlo de Acessos: .....	104
<b>Conclusões .....</b>	<b>105</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>107</b>
Especificações técnicas do variador 650V:.....	107
Especificações técnicas do variador 690+: .....	108
Especificações técnicas da consola HMI: .....	110
Programação do Variador 690+ .....	111
Programação do Variador 650V.....	113
<b>Bibliografia.....</b>	<b>115</b>



# Lista de figuras

Figura 1.1 - Foto Histórica do Inicio Empresa Quintas&Quintas .....	22
Figura 2.1 - Máquina de entrançar que será adaptada para o projecto. ....	25
Figura 2.2 - Máquina de arrastar que será adaptada para o projecto. ....	26
Tabela 3.1 – Quantidades e custos para a malha do tipo Winchline .....	36
Tabela 3.2 – Quantidades e custos para a malha do tipo Strongline .....	36
Figura 3.1 - Sequência de movimento das bobines.....	38
Tabela 3.3 – Quantidades e custos para a solução a implementar .....	40
Tabela 3.4 – Resumo de custos anual - Comparativo .....	41
Figura 4.1 - Vista geral da disposição prevista para os equipamentos. ....	49
Figura 5.1 - Esquema ilustrativo de um carreto da máquina. ....	53
Figura 5.2 - Rotary Limit Switch Telemecanique, Schneider Electric .....	54
Figura 5.3 - Esquema ilustrativo da aplicação de sensores para controlo da estabilização do passo de entrançamento. ....	56
Figura 5.4 - Plunger Limit Switch Telemecanique, Schneider Electric .....	57
Tabela 5.1 - Ligações do sistema de controlo. ....	59
Figura 5.5 - Esquema geral de ligações d .....	60
Figura 6.1 - Esquema geral unifilar do circuito de potência .....	63
Figura 6.2 - Esquema geral unifilar do circuito de comando.....	64
Figura 6.3 - Curva característica Tempo de fusão/Corrente dos fusíveis cilíndricos aM da Schneider Electric .....	71
Figura 6.4 - Esquema geral unifilar do circuito de potência actualizado.....	77
Figura 7.1 - Esquema de transição entre menus .....	81
Figura 7.2 - Variação das velocidades dos motores em função do passo de entrançamento. ...	85
Figura 7.3 - Exemplo de um bloco de comando dos variadores.....	87
Figura 7.4 - Exemplo de uma parte do esquema de ligações entre blocos.....	88
Figura 7.5 - Esquema de selecção de velocidade para o motor 2, variador 690+ .....	89
Figura 7.6 - Esquema de controlo da distância percorrida. ....	90
Figura 7.7 - Bloco de informação técnica do motor. ....	91
Figura 7.8 - Bloco de limitação de corrente. ....	91
Figura 7.9 - Blocos de configuração das comunicações. ....	92
Figura 7.10 - Vista geral do software da consola HMI TS8000 .....	93

Figura 7.11 - Vista da janela de configuração das comunicações – Communications.....	94
Figura 7.12 - Vista do menu de configuração das variáveis – Data Tags .....	95
Figura 7.13 - Menu Principal .....	96
Figura 7.14 - Menu de Manutenção .....	97
Figura 7.15 - Menu de colocação da alça em posição. ....	99
Figura 7.16 - Menu de Definir Variáveis.....	99
Figura 7.17 - Menu de Produto em Execução .....	100
Figura 7.18 - Menu de Resolução de Erro .....	101
Figura 7.19 - Exemplo de programação básica de acção para um botão .....	102
Figura 7.20 - Exemplo de invocação de um programa. ....	103
Figura 7.21 - Vista do menu de programação – Programming.....	103
Figura 7.22 - Vista do menu de controlo de acessos – Security Manager .....	104



## Lista de tabelas

Tabela 3.1 – Quantidades e custos para a malha do tipo Winchline .....	36
Tabela 3.2 – Quantidades e custos para a malha do tipo Strongline.....	36
Tabela 3.3 – Quantidades e custos para a solução a implementar.....	40
Tabela 3.4 – Resumo de custos anual – Comparativo.....	41
Tabela 5.1 – Ligações do sistema de controlo.....	59



# Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas :

FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
HMI	Human-Machine Interface
MT	Média Tensão
BT	Baixa Tensão
CA	Corrente Alternada
RTIEBT	Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão

Lista de símbolos:

T	Tempo em segundos
C	Custo em €
P	Passo de entrançamento em mm
I <sub>b</sub>	Corrente de serviço em Amperes
I <sub>n</sub>	Corrente nominal em Amperes
I <sub>z</sub>	Corrente máxima admissível em Amperes
I <sub>f</sub>	Corrente de funcionamento da protecção em Amperes
U	Tensão em Volts
S	Secção em mm <sup>2</sup>
ρ	Resistividade do cobre
L	Comprimento em metros
λ	Reactância linear
V <sub>veio1</sub>	Velocidade do veio da máquina de entrançar em RPM
V <sub>veio2</sub>	Velocidade do veio da máquina de arrastar em RPM
VM1	Velocidade no motor da maquina de entrançar em RPM
VM2	Velocidade no motor da máquina de entrançar em RPM
V <sub>b</sub>	Velocidade duma bobine em torno da alça em RPM
V <sub>la</sub>	Velocidade linear de arrastamento em mmPM
S1	Factor de redução do redutor aplicado entre o motor 1 e a entrançadora
S2	Factor de redução do redutor aplicado entre o motor 2 e a arrastadora



# Capítulo 1

## Introdução

Este trabalho surge com a necessidade, da empresa Quintas&Quintas, em realizar um projecto de desenvolvimento de um sistema industrial, que fosse capaz de substituir um processo de fabrico, já existente, que actualmente apenas é possível de realizar de forma manual.

Neste trabalho, serão descritos todos os passos seguidos na elaboração desse projecto, proposto à FEUP pela Quintas&Quintas, com o objectivo de reformular o actual processo de fabrico, procurando assim substituí-lo por um sistema automatizado e realizado por máquinas com um maior nível de eficácia tanto a nível temporal como tecnológico.

Antes de se passar à descrição detalhada do projecto em si, passaremos primeiro para uma curta apresentação da empresa proponente, Quintas&Quintas, de forma a poder posteriormente ser possível entender de forma mais clara o processo de fabrico em questão.

## **1.1 Apresentação da Empresa**

### **1.1.1 O início:**



Figura 1.1 - Foto Histórica do Início Empresa Quintas&Quintas

(Nesta pequena fábrica, no centro da Póvoa de Varzim, teve início a actividade do Grupo Quintas & Quintas. No exterior da camioneta, a conversar com o motorista, vê-se o fundador, Francisco Alves Quintas)

O Grupo Quintas & Quintas faz este ano já a incrível idade de 84 anos, tendo nascido em 1925 por iniciativa do, então artesão, Francisco Alves Quintas, que teve o genialidade de arrancar com uma pequena indústria familiar no ramo da cordoaria.

A empresa, adoptando sempre a estratégia “Crescer e Mudar” tem vindo em sucessiva expansão ao longo dos anos, pela mão de descendentes do comendador Francisco Alves Quintas.

Em 1956, o Grupo alarga o seu ramo de acção e lança-se também na produção de condutores eléctricos de alumínio, sendo que em 1960, o grupo realiza as suas primeiras exportações deste produto, passando a ser, a partir desse momento e até hoje, o primeiro exportador nacional de condutores eléctricos de alumínio.

Desde então a empresa tem introduzido no mercado uma vasta gama de produtos tais como fios, cordas e redes, em fibra sintética e natural ou aço, de acordo com especificações padrão ou com características muito especiais para aplicação em vários sectores, nomeadamente, pesca, navegação, sistemas de offshore, agricultura, embalagem, indústria e mercado interno.

### **1.1.2 A Fusão:**

Em 2007, com vista a uma maior expansão nos mercados internacionais, a empresa Quintas & Quintas decide então cooperar numa aventura conjunta, na produção de sistemas de amarração para o mercado internacional, com a empresa ROYAL LANKHORST EURONETE GROUP BV, empresa líder nos mercados internacionais de cordoaria, fiação industrial, redes, produtos de vela e produtos de plástico reciclado, conseguindo assim uma posição de liderança, centralizando a partir daí todos os seus esforços na inovação, marketing, excelência organizacional e constante adaptação às mudanças ambientais.

Desta cooperação entre estas duas empresas, líderes no seu sector, surge o primeiro resultado, a nova empresa Quintas & Quintas – Offshore.

Esta, com uma vasta experiência no mercado e ainda fiel à filosofia implementada desde o seu começo, mantém uma tradição de há mais de 80 anos na arte de produzir cordas de qualidade.

Com um controlo de qualidade rigoroso como lema, Quintas & Quintas – Offshore consegue assegurar que todos os produtos com o seu nome mantenham um único grau de excelência em materiais, designs e acabamentos. A juntar a isto, o trabalho qualificado e especializado permite a concepção de um produto final que está de acordo com os requisitos necessários.

O processo de produção desenvolvido, resultado de uma combinação perfeita de know-how e inovação tecnológica, sob um rigoroso controlo de qualidade, permite um elevado padrão de qualidade e produtividade.

Estes factores permitem efectivamente responder às necessidades de um mercado cada vez mais competitivo.

### **1.1.3 Actualidade:**

Hoje, a QUINTAS & QUINTAS – OFFSHORE é uma das maiores produtoras de cordas do mundo. Estabelecida na Póvoa de Varzim, no norte de Portugal, onde tem a sua sede e instalações fabris, a empresa transformou a sua fábrica num centro produtivo especializado de alta tecnologia para os mercados de offshore e marinha.

Com uma herança de mais de 80 anos de conhecimento, QUINTAS & QUINTAS OFFSHORE mantém a sua presença em cerca de 100 países de todo o mundo. Esta contínua liderança no sector de cordoaria, especialmente nos mercados de offshore e marinha, assenta em bases bem consistentes tais como:

**Pesquisa e Inovação** - O desenvolvimento e controlo das mais avançadas tecnologias e processos no sector permitem obter e dar aos clientes vantagens competitivas efectivas em termos de acções imediatas, flexibilidade, qualidade e inovação.

A capacidade técnica é evidente em produtos de elevada performance como “Single Point Mooring” Sistemas para Plataformas Offshore, “Tow Emergency” para rebouques de petroleiros e “Deep Water Moorings”.

**Qualidade** - O constante objectivo rumo à qualidade é reconhecido pela certificação do sistema de qualidade da empresa de acordo com a ISO 9001, e pelo certificado de aprovação para a produção e ensaios independentes pelas principais empresas de classificação.

**Instalações de Ensaio e Desenvolvimento** - A empresa possui equipamento de ensaio certificado para a realização de ensaios de rotura e alongamento às fibras, em ambiente molhado e seco, e ensaios de fadiga e rotura de cordas de 10 kg a 1200 tons.

**Serviço** - O serviço completo transmitido ao cliente é um compromisso de toda a direcção: desde soluções direccionadas a cada cliente à assistência técnica de rotina através de uma rede de agentes por todo o mundo.

## ***1.2 Apresentação do Projecto***

### **1.2.1 Introdução ao processo de fabrico:**

O projecto proposto, pela Quintas&Quintas, tem como principal objectivo a reformulação de um processo fabrico, mais concretamente, do processo de finalização dos produtos comercializados pela empresa.

Como foi anteriormente dito, a Quintas&Quintas tem a sua linha de produção focalizada no encordoamento de cabos destinados a utilizações variadas, mas mais frequentemente, para a utilização em amarrações de embarcações marítimas.

Ora esses mesmos cabos, no final de serem produzidos, necessitam de ser finalizados, na ponta, em forma de alça, que por sua vez é feita dobrando a ponta do cabo e amarrando-a novamente ao próprio cabo, formando então a pretendida alça final.

No entanto para realizar essa amarração, até ao momento, a única solução possível, seria por via manual, fazendo a mesma amarração por intermédio de um tecido cosido à volta do cabo manualmente e em seguida envolvido por uma camada de poliuretano para dar o acabamento final.



Contudo esta solução manual requer algum tempo de execução e logicamente também um valor elevado de mão-de-obra, o que faz dela um ponto fraco no processo de produção da empresa, originando assim não só aumentos no tempo e custo de elaboração dos seus produtos mas também uma desvantagem na vertente estética do produto, uma vez que a finalização à mão origina uma apresentação final com um padrão mais artesanal, menos homogêneo e por isso esteticamente menos apresentável, do ponto de vista da empresa e também dos clientes.

### **1.2.2 Descrição do projecto:**

Face a esta situação, a Quintas&Quintas, decide então propor uma alteração neste processo de fabrico, estudando a possibilidade de substituição da solução manual até então utilizada por uma solução automática realizada por máquinas, aplicando uma cobertura entrançada que servirá de amarração e finalização da alça.

Assim sendo, para realizar esse entrançamento, decidem então aproveitar uma máquina de entrançar, já inutilizada, e adapta-la ao processo que se pretende realizar.

Uma vez que essa máquina servia anteriormente para entrançar cordas, foi necessário executar alguns trabalhos de modificação mecânica na sua estrutura, de forma a esta servir para realizar o entrançamento de uma alça, nomeadamente foi necessário alargar o buraco central da máquina, de maneira a ser possível passar por lá a alça final do cabo



Figura 2.1 - Máquina de entrançar que será adaptada para o projecto.

Para além dessa máquina, já existente, a empresa adquiriu também uma máquina de arrastar que servirá para puxar o cabo à medida que o entrançamento é realizado, possibilitando assim a construção da rede emalhada ao longo do cabo que será responsável pela sua amarração e conseguinte finalização.



Figura 2.2 - Máquina de arrastar que será adaptada para o projecto.

Contudo as máquinas não operam sozinhas, logo será necessário desenvolver também um projecto de automação para o sistema de controlo das mesmas, o que terá de permitir que estas realizem a operação a que se destinam, respeitando todos os requisitos pretendidos e abrangendo todas as situações contempladas.

Amavelmente, o Eng. António Ferreira, director de produção da fábrica e responsável máximo por esta reformulação no processo de fabrico, decidiu entregar esta parte da elaboração do sistema de comando à FEUP, permitindo-me assim integrar neste projecto de concepção e execução, que apesar de não ser da minha área específica, constitui um desafio muito interessante, onde sei que poderei aprender e desenvolver conhecimentos e capacidades complementares que me serão certamente muito úteis na vida profissional futura.

Este projecto é por isso em tudo interessante pois abrange diversas áreas da engenharia, uma vez que engloba parte mecânica e funcional da máquina, parte de segurança de equipamentos e pessoas, parte de controlo e automação, parte de instalação eléctrica de alimentação dos motores e do sistema de controlo, parte humanística e relacional com todas as pessoas envolvidas no projecto, tanto com a entidade principal e interessada, a Quintas&Quintas, como também com fornecedores e fabricantes e por fim também uma parte económica pela necessidade de realizar o projecto a fim de maximizar a eficácia e minimizar os custos.

Relativamente ao trabalho proposto, é esperado que eu, aluno escolhido pela FEUP e pelo proponente, Quintas&Quintas, para elaborar este projecto, idealize e projecte o sistema de controlo e de funcionamento do processo de fabrico, de modo a ser possível realizar-se a operação de finalização das alças de uma forma automática, tecnicamente bem elaborada e economicamente mais rentável para a empresa, mas ao mesmo tempo realizar um projecto tecnicamente desenvolvido, eficiente, com um valor de investimento auto-recuperável a partir dos benefícios económicos desta nova solução de fabrico relativamente à anterior, e claro, não menos importante, cumprindo todas as normas de segurança existentes e aplicáveis a esta situação.

### **1.3 Objectivos:**

Este trabalho teve como principais objectivos:

- A realização de todo o projecto utilizando metodologia apropriada;
- O estudo das necessidades impostas pela empresa proponente, organizando-as sobre a forma de requisitos;
- A procura de soluções tecnológicas, necessárias para o projecto;
- O desenvolvimento de um sistema de controlo que seja capaz de satisfazer os requisitos exigidos;
- A implementação e afinação do sistema, garantindo que as expectativas criadas pela empresa sejam alcançadas e assim satisfeitas as suas necessidades;
- E por fim, não menos importante, o desenvolvimento pessoal tanto a nível relacional como organizacional, mas também na perspectiva de aumento de capacidade de iniciativa própria e de liderança perante uma projecto real com um certo nível de responsabilidade.

## **1.4 Organização do documento:**

Este documento encontra-se organizado da seguinte forma:

- No Capítulo 1 poderá encontrar-se a apresentação do projecto e respectivos objectivos estabelecidos para o mesmo, assim como também a apresentação da empresa proponente;
- No Capítulo 2 será descrita a análise de requisitos para o projecto;
- No Capítulo 3 será feita uma análise sobre a perspectiva de rentabilidade do sistema a implementar relativamente aos métodos actualmente existentes;
- No Capítulo 4 poderão encontrar-se as normas de segurança existentes, relativas ao uso e aplicação de sistemas com máquinas industriais, e sua aplicação a este projecto em concreto;
- No Capítulo 5 será descrita a arquitectura física escolhida para o sistema de controlo assim como definida a sua estrutura de ligações;
- No Capítulo 6 será feito o dimensionamento e esquematização da instalação eléctrica de protecção e alimentação dos equipamentos.
- No Capítulo 7 poderá encontrar-se a descrição sucinta sobre toda a programação do sistema de controlo e explicação do seu funcionamento para o cumprimento dos requisitos exigidos;
- Por fim serão feitas as conclusões ao projecto executado, com análise das falhas e sucessos obtidos ao longo do trabalho.

## Capítulo 2

## 2 Análise de Requisitos

### ***2.1 Introdução:***

Naturalmente, para ser possível desenvolver qualquer projecto, o primeiro passo será sempre elaborar, em conjunto com a entidade interessada, uma análise concisa dos requisitos mínimos exigidos para o projecto.

Com esse mesmo objectivo foram realizadas três visitas ao local onde será instalado o sistema, na fábrica da Quintas&Quintas, de forma a reunir com o Eng. António Ferreira, a fim de entender com pormenor todos os requisitos de funcionamento pretendidos para o sistema que irei desenvolver.

A primeira visita teve então como objectivo uma primeira abordagem ao funcionamento global da fábrica, de forma a conhecer os processos de fabrico actualmente existentes e perceber o funcionamento de outros processos de fabrico precedentes ao que irei desenvolver, nomeadamente desde o início da criação dos fios até o seu entrançamento final que dará origem aos cabos com os diâmetros e constituições pretendidas pelos clientes nos quais a máquina terá de realizar as finalizações.

Após essa primeira visita foram assimilados alguns requisitos, absorvidos a partir das informações obtidas, e elaborou-se o que seria uma primeira análise de requisitos.

Contudo à medida que o sistema ia sendo pensado, começaram a faltar algumas variáveis, tais como características das máquinas assim como de outros equipamentos constituintes do sistema e existentes lá na fábrica com eventual possibilidade de serem aproveitados para este projecto.

Por isso mesmo foi necessária uma segunda visita a fim de levantar essas características, no momento ainda desconhecidas.

Dessa segunda visita já foi possível olhar mais em pormenor uma das máquinas que iriam ser adaptadas para este projecto e então recolher algumas informações que faltavam, nomeadamente as duvidas que surgiram sobre tratamento de situações de anomalia, local de aplicação de sensores para poder determinar a quantidade necessária de forma a poder cobrir todas as situações possíveis de funcionamento normal e anormal, características dos motores a comandar e discussão de mais algumas ideias sobre o funcionamento entre o operador e a máquina a fim de ir ao encontro das necessidades pretendidas pela empresa.

Após esta segunda reunião já foi possível reformular a pré-análise feita anteriormente e então elaborar com mais algum detalhe e pormenor a análise de requisitos pretendidos pela empresa para este sistema.

A terceira reunião serviu já para a análise de requisitos ser aprovada pelo responsável da empresa e dar-se início à procura de soluções que garantam o cumprimento dos requisitos estabelecidos e posterior contacto com possíveis fornecedores para pedidos de preços de fornecimento dos materiais necessários à elaboração do projecto.

É no entanto de salientar, que apesar da tentativa de obter o máximo de informação para a elaboração da análise de requisitos, infelizmente a própria empresa também não possuía uma ideia clara de como queria que o sistema funcionasse e por isso foi de certa forma difícil de elaborar uma análise de requisitos mais detalhada, o que posteriormente também tornou mais difícil a elaboração do projecto, tendo que se contemplar, desde a fase inicial, a possibilidade futura de alterações de requisitos ao longo do desenvolvimento do trabalho, em especial atenção para a fase de implementação.

## ***2.2 Requisitos exigidos:***

O processo de fabrico em questão consiste, tal como foi indicado anteriormente, no controlo de duas máquinas principais que serão responsáveis pelo entrançamento da malha que irá ter o papel de finalização e cobertura da alça final do cabo fabricado.

Essas duas máquinas são as seguintes:

- Máquina de entrançar
- Máquina de arrastar

A máquina de entrançar irá realizar o entrançamento dos fios a volta da alça enquanto que por sua vez, à medida que é feito o entrançamento, a máquina de arrastar terá de ir puxando o cabo de forma ao entrançamento ser feito ao longo da alça mas mantendo os níveis de tensão, nos fios, estáveis de maneira a obter-se um entrançamento forte, homogéneo e esteticamente como pretendido, ou seja mantendo o passo de hélice de entrançamento requisitado pelo operador para o produto a realizar.

Para se conseguir esse entendimento entre as duas máquinas, a fim de se realizar o processo de fabrico da forma exigida, os motores de accionamento de cada máquina terão de ser controlados pelo sistema de controlo de forma independente.

O sistema de controlo deverá por isso ser capaz de monitorizar e controlar o movimento rotacional dos motores, de accionamento das máquinas, tanto para cenários de funcionamento automáticos pré configurados como para operação manual do utilizador.

A transição automático-manual deverá ser permitida em qualquer instância do processo.

Para realizar o papel de interface entre o utilizador e a máquina, deverá existir uma consola táctil a partir da qual seja possível controlar e monitorizar todos os eventos existentes no processo de fabrico, desde as velocidades dos motores, ao passo de hélice de entrançamento e à distância da cobertura a ser entrançada.

O passo de hélice ou de entrançamento entenda-se como sendo o avanço, em milímetros, dado pela máquina que irá puxar o cabo, a arrastadora, por cada volta completa dada pela entrançadora, ou seja, cada volta completa dada por uma bobine em torno da alça a entrançar.

O sistema deverá também contemplar a possibilidade de ocorrência de casos de anomalia tais como fios partidos, bobinas vazias, sobre tensões, sub tensões, pressão baixa do óleo de lubrificação.

Para todos os casos de anomalia especificados, o sistema deverá parar de imediato as duas máquinas e indicar no monitor a avaria ocorrida e eventualmente possíveis instruções para a sua correcção, retomando apenas o funcionamento após confirmação por parte do utilizador que a avaria tenha sido correctamente eliminada.

O sistema deverá contemplar também a possibilidade de alteração do passo de hélice ao longo do entrançamento, provocada pela variação do diâmetro da alça à medida que o entrançamento se aproxima da sua argola final.

Para garantir a manutenção desse passo, o sistema deverá ser capaz variar a velocidade do motor da arrastadora, de modo a corrigir o ângulo de entrançamento, isto é, se for verificada

um aumento do passo, a velocidade da arrastadora deverá diminuir lentamente até o passo ser restituído e depois manter essa velocidade, mas se for verificado uma diminuição do passo, então a velocidade da arrastadora deverá subir lentamente até ser restituído novamente o valor de passo pretendido.

Com esta solução pode ocorrer que, para casos em que o diâmetro do cabo a ser fabricado seja muito variável, a velocidade da arrastadora esteja constantemente a ser acertada, ora a aumentar ora a diminuir, mas assim garante-se que o entrançamento é sempre feito com valores de tensão nos fios e passo de hélice aceitáveis e pretendidos para o processo de fabrico se realizar dentro dos padrões de qualidade exigidos.

Quanto à gama de produtos a fabricar, a máquina deverá ser capaz de realizar produtos com passos desde 50mm até pelo menos 200mm.

## ***2.3 Descrição do funcionamento operacional da máquina:***

A quando do início do processo, a alça, a ser coberta, deverá ser colocada na posição inicial com os respectivos fios de entrançamento amarrados no ponto onde começará a ser produzida a malha de cobertura.

Para a colocação da alça na sua posição inicial deverá existir, no monitor, um ecrã de controlo manual dos motores de forma a poder rodá-los, para a frente ou para trás, permitindo assim o ajuste da posição inicial do produto relativamente às duas máquinas.

Uma vez a alça colocada, no monitor deverá existir a possibilidade de introdução manual das características do produto a realizar, nomeadamente, a informação sobre o tamanho da malha de cobertura, em metros, assim como o passo de hélice que determina a relação das velocidades entre os dois motores consoante o diâmetro do cabo onde será aplicado o produto.

Contudo, uma vez que os produtos e as características dos mesmos tendem a repetir-se, a melhor solução será ter no próprio monitor atalhos de selecção para o produto que será elaborado, assim, ao escolher esse produto no monitor, o sistema automaticamente carregará a informação pré configurada para a elaboração do mesmo, estando então preparado para iniciar o processo de fabrico para o produto seleccionado.



Em seguida, após colocada a alça no sítio correcto, amarrados os fios no ponto inicial da cobertura e seleccionado, no monitor, o tipo de produto a realizar, resta apenas carregar no botão de confirmação existente no monitor e dar início ao processo de produção

Quando chegar ao fim do processo, as máquinas deverão parar automaticamente e no monitor aparecer a informação de produto acabado.

Nas alças seguintes, será necessário repetir o primeiro passo e novamente colocar e ajustar a posição inicial da nova alça e então voltar a seleccionar e confirmar, no monitor, o novo tipo de produto a elaborar, sendo que depois o processo é o mesmo que nos casos anteriores.

Relativamente às situações de anomalia, a quando da ocorrência de alguma das avarias ou protecções contempladas, que originem perigo para pessoas ou equipamentos assim como para a qualidade do produto a elaborar, o sistema deverá efectuar de imediato a suspensão do processo, que se encontra a decorrer, e indicar no monitor o motivo da paragem assim como possíveis instruções para a resolução do problema ocorrido.

A partir desse momento, o processo deverá então ficar parado à espera de ordens do utilizador.

O utilizador deverá por isso, assim que possível, resolver o problema em questão e, tal como indicará no monitor, confirmar manualmente que a anomalia foi correctamente eliminada, para então depois poder voltar ao menu de máquina em serviço, a fim de voltar ao processo anteriormente suspenso e assim continuar a realizar a operação de entrançamento até o produto ser finalizado.

O sistema deve por isso, se possível, ser capaz de recuperar, após qualquer paragem, o processo que estaria anteriormente a executar do mesmo ponto onde foi terminado e assim continuá-lo até ao fim como era previsto até ter ocorrido a necessidade da paragem.

Assim que o entrançamento atinja o comprimento estipulado pelo operador para o produto a laborar, o sistema deverá ser capaz de parar as máquinas e indicar no monitor que o produto foi concluído com sucesso.



## **Capítulo 3**

### **3 Previsão de Rentabilidade do Investimento**

#### ***3.1 Introdução:***

Como será de esperar, o investimento para valer a pena, terá de conseguir ser recuperado pelos ganhos que se esperam obter com a nova solução.

Assim para analisar essa possibilidade de recuperação, será necessário primeiro calcular os custos envolvidos na solução manual actualmente desenvolvida, afim de depois então prever os mesmos custos para a solução a implementar e daí obter os ganhos inerentes a essa mesma mudança.

Esses ganhos terão de num determinado período de tempo, perfazer o valor total do investimento para então, a partir desse momento, passarem a constituir uma mais valia para os lucros da empresa.

#### ***3.2 Custos Actuais:***

Actualmente existem dois tipos de acabamento de alças a serem realizados à mão, os acabamentos em malha do tipo Winchline e os do tipo Strongline.

Ambos semelhantes, diferindo apenas na força da malha aplicada, sendo que no caso do tipo Strongline é utilizada uma malha relativamente mais forte.

Tal como foi referido anteriormente, o acabamento das alças, é realizado usando uma rede emalhada e cozida à mão à volta de cada alça, finalizando-se o processo com uma camada de poliuretano a envolver a malha.

Esse processo tem por isso custos associados, nomeadamente o custo relativo ao tempo utilizado de mão-de-obra e o custo inerente das matérias-primas utilizadas.

Na tabela seguinte podemos visualizar resumidamente os custos referidos:

Designação	Quantidade	Unidade	Preço/unidade	Preço/alça
Mão-de-obra	2	H	9,5€	19€
Malha EuroWeb	1,5	Kg	4,4€	6,6€
Poliuretano	1	Kg	3,8€	3,8€
Custo Total/alça	-	-	-	29,4€

Tabela 3.1 – Quantidades e custos para a malha do tipo Winchline

Designação	Quantidade	Unidade	Preço/unidade	Preço/alça
Mão-de-obra	2,5	H	9,5€	23,75€
Malha EuroWeb	1,5	kg	4,4€	6,6€
Poliuretano	1,5	kg	3,8€	5,7€
Custo Total/alça	-	-	-	36,05€

Tabela 3.2 – Quantidades e custos para a malha do tipo Strongline

Tal como podemos observar, a partir das tabelas nº 3.1 e nº 3.2, temos um custo total por alça de 29,4€ para a cobertura do tipo Winchline e um custo total por alça de 36,05€ para a cobertura do tipo Strongline.

A par dessa informação prevêem-se, para o ano de 2009, a realização de 800 alças, o que a empresa considera como sendo um ano fraco, uma vez que no anterior se produziu aproximadamente o dobro, cerca de 1634 alças.

No entanto, tomando o valor previsto, de 800 alças, como referência, teremos então um encargo anual de 23520€ em alças do tipo Winchline e um encargo de 28840€ em alças do tipo Strongline.

Quanto aos tempos anuais necessários para a manufactura destes produtos necessitarão assim de uma gama de tempo que pode variar entre as 1600 e as 2000 horas anuais para a elaboração das 800 peças.

### ***3.3 Previsão de custos futuros:***

Prevendo agora os custos para a solução a implementar, assumamos então que a malha de cobertura será agora realizada por intermédio da máquina a projectar.

A máquina em questão realiza a operação de entrançamento de fios sobre a alça de forma a criar uma rede emalhada que substituirá a cobertura que é actualmente elaborada à mão.

Assim contrariamente aos processos realizados manualmente, este novo processo utilizará como matéria-prima fios em poliéster que serão então entrançados à volta da alça criando dessa forma a cobertura pretendida.

Quanto ao preço desta matéria-prima, ronda os 2€ por kg e estima-se que para cada alça sejam necessários perto de 6 kg de fio poliéster, o que dará um total de custo aproximado de matéria-prima por alça de 12€

Falta-nos então determinar o tempo necessário para a elaboração dessa mesma malha, por alça, utilizando a máquina a ser projectada.

Mas para conseguirmos prever esse tempo, precisamos antes de perceber um pouco mais de como será realizado esse processo de entrançamento, assim como obter algumas informações acerca de características físicas da máquina.

A máquina em questão, é constituída por um tambor em forma de anel com um orifício no seu centro por onde será metida a alça a entrançar.

Nesse tambor existem pequenas rodas dentadas que, quando accionadas pelo motor principal, girarão todas à mesma velocidade e nas quais serão posteriormente colocadas os carretos com as bobines que serão entrançadas à volta da alça.

Essas pequenas rodas dentadas são dotadas de um íman de um dos lados, o que faz com que os carretos ao passar nesse ponto sejam atraídos para essa mesma roda, fazendo-os em seguida rodar a volta da mesma, até chegar ao ponto de intersecção com o íman da roda dentada seguinte, que por sua vez fará o mesmo efeito e atrairá o carreto para ela provocando assim um circuito fechado onde os carretos, contendo as bobines, movem-se de forma circular

e alternada, de roda em roda, girando assim à volta da alça permitindo o entrançamento pretendido.

Na figura seguinte poderá ser visto com mais pormenor o funcionamento em cima explicado.

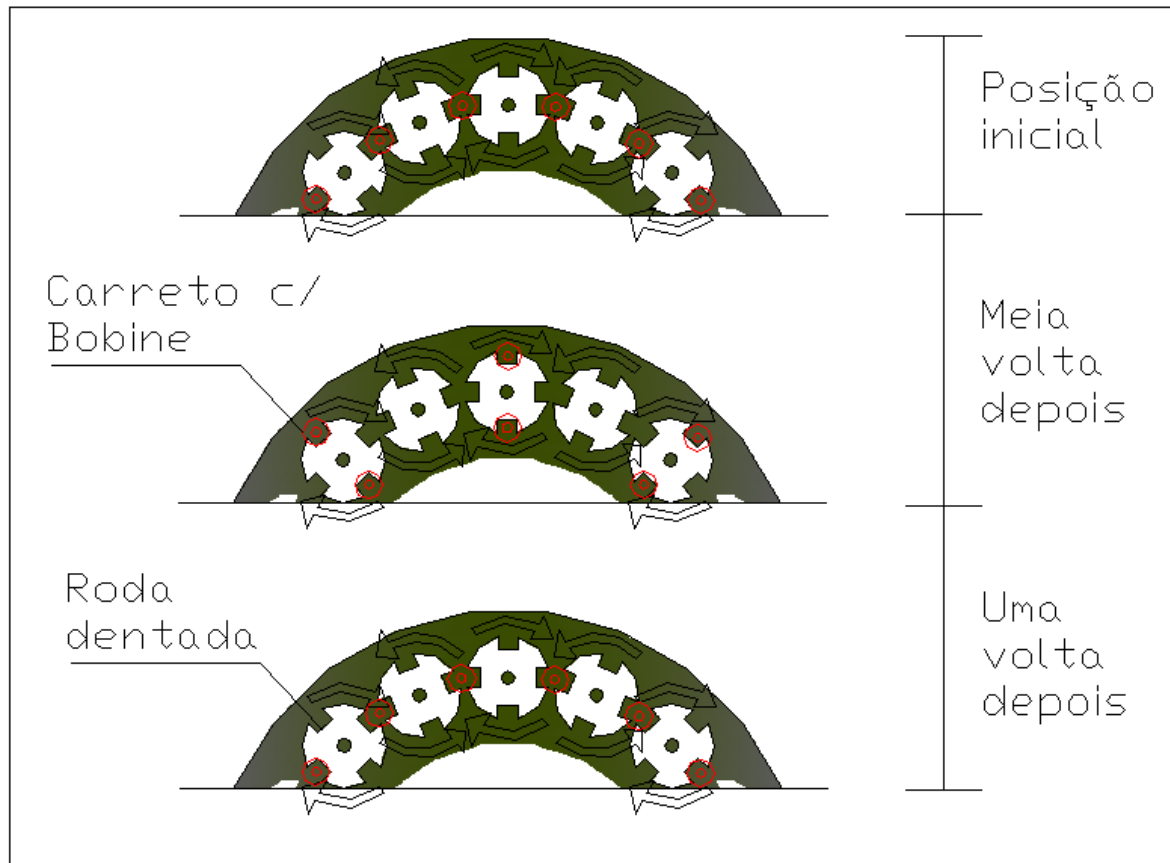


Figura 3.1 - Sequência de movimento das bobines

Sabendo de antemão que a velocidade pretendida de rotação de cada roda dentada será de aproximadamente 50 rpm então podemos começar a determinar o tempo que demorará cada carreto a dar uma volta completa à alça.

Ora sabendo que a máquina contém um circuito com 18 rodas dentadas e que cada carreto para passar de uma roda para a outra necessita de percorrer metade do perímetro total da roda em que está, o que equivale a meia volta dada por cada roda para que o carreto seja entregue à roda seguinte.

Chegamos assim à conclusão que se os carretos para passar uma roda necessitam que seja dada metade de uma volta, então para atravessar as 18 rodas serão necessárias 18 meias voltas, o que dá um total de 9 rotações completas dadas por cada roda dentada até que um carroto com a respectiva bobine consiga percorrer todo o perímetro da máquina, realizando assim uma volta completa de entrançamento sobre a alça.

Um vez que as rodas giram a uma velocidade de 50 rpm então torna-se fácil chegar ao tempo que demora cada bobine a dar uma volta completa à alça.

Tempo de rotação de uma volta completa dada por uma bobine:

$$T = \frac{9 \times 60}{50} = 10,8 \text{seg} \quad (3.1)$$

Em seguida, sabendo que, por cada volta completa, o avanço do entrançamento, ao longo da alça, pode variar entre os 50mm e os 200mm consoante o passo de hélice pretendido no entrançamento, admitindo para o cálculo o valor menos favorável de avanço de 50mm, então podemos prever que a cada 10,8 segundos serão realizados 50mm de cobertura da alça.

Tendo em conta que os comprimentos das coberturas das alças poderão variar entre os 2 e os 3 metros, e optando pelo caso mais desfavorável, podemos então prever que o tempo que demorará a concluir o entrançamento final de 3 metros da cobertura da alça será dado por:

$$T_{final} = \frac{d \times T}{P \times 60 \text{seg}} = \frac{3000 \times 10,8}{50 \times 60} = 10,8 \text{min} \quad (3.2)$$

Admitindo mais 5 minutos de folga para a colocação da alça na posição correcta na máquina e início do processo de entrançamento chegamos então ao tempo final de 15,8 minutos por alça.

Relativamente ao custo de manutenção da máquina, ora se está previsto e elaboração de cerca de 800 alças, e demorando 0,26 horas a elaborar cada uma, chegamos então a uma previsão de horas de funcionamento anual gasto na elaboração das 800 alças:

$$T_{serviço} = 800 \times 0,26 = 208h \quad (3.3)$$

A partir de dados estatísticos fornecidos pela empresa, é estimado um encargo médio anual, valor pessimista, de cerca de 2000€ com uma máquina desta tipologia e envergadura.

Relacionando o tempo total de serviço anual com o seu encargo em manutenções, dará portanto um custo/hora, de utilização da máquina, de aproximadamente 9,6€/h

Falta agora apenas calcular o custo inerente ao consumo energético da máquina. Sabendo que a máquina será constituída por 2 motores trifásicos, um de 4kw e outro de 2,2kw, 2 variadores de frequência, 1 monitor e alguns sensores, assumindo que a potência total do sistema será praticamente dada pela potência dos motores, então consideremos neste caso essa potência como sendo a potência média prevista para a máquina, 6,2kW.

Após consulta do tarifário energético contratado pela empresa com a EDP, obtive o preço a pagar por kW/h, que terá um custo de 0,0893€ por kW/h.

Uma vez que a nossa máquina terá um consumo médio de 6,2 kw, teremos então um custo energético por hora de:

$$C_{hora} = 0,0893 \times 6,2 = 0,554\text{€} \quad (3.4)$$

Quanto ao custo anual, prevendo a realização de 800 alças, dá-nos uma utilização da máquina de 304 h, multiplicando o número de horas de funcionamento pelo custo da energia por hora obtemos então o seguinte custo anual em energia consumida pela máquina:

$$C_{anual} = 0,554 \times 208 = 115,2\text{€} \quad (3.5)$$

Na tabela seguinte apresenta-se agora o resumo de custos para a nova solução a implementar.

Designação	Quantidade	Unidade	Preço/unidade	Preço/alça
Mão-de-obra	0,26	H	9,5€	2,47€
Fio Poliéster	6	kg	2€	12€
Utilização da máquina	0,26	H	9,6€+0,554=10,2€	2,7€
Custo Total/alça	-	-	-	17,2€

Tabela 3.3 – Quantidades e custos para a solução a implementar

### 3.4 Rentabilidade prevista:

Tal como podemos observar, a partir da tabela acima, para esta nova solução a implementar, teremos um custo total previsto por alça, no pior cenário, de 18,31€ contra os anteriores valores de 29,4€ para a cobertura do tipo Winchline e de 36,05€ para a cobertura do tipo Strongline.

Em seguida demonstra-se o resumo comparativo entre as 3 soluções apresentadas.



Método	Preço/alça	Quantidade produzida/ano	Tempo/unidade	Tempo/ano	Preço/ano
Winchline	29,4€	800	2h	1600h	23520€
Strongline	36,05€	800	2,5h	2000h	28840€
Máquina automática	17,2€	800	0,26h	208h	13760€

Tabela 3.4 – Resumo de custos anual - Comparativo

Da tabela em cima, podemos concluir que se verifica uma redução significativa nos custos de fabrico da respectiva cobertura das alças, uma redução que para o caso mais desfavorável, se situa na ordem dos 40% de redução de custo, podendo mesmo ser superior a 50% de redução nalgumas situações.

Analisando para este ano, fraco em termos de vendas segundo informações da empresa, que com apenas 800 alças efectuadas poderemos poupar no mínimo cerca de 9760€ ao final do ano.

Quando atingirmos o número de 1600 alças efectuadas, valor atingido no ano de 2008, a poupança irá já na casa mínima dos 19520€.

Apesar de ainda não saber a esta altura o valor total necessário do investimento, posso apenas dizer que para o orçamento inicialmente previsto de cerca de 20.000€, no pior caso, serão necessárias fabricar cerca de 1639 alças para recuperar esse valor em poupança efectiva no custo de produção.

Segundo dados previsionais da empresa, essa meta poderá ser atingida facilmente em menos de 2 anos, o que originará então uma recuperação total do investimento efectuado num período inferior a 2 anos.

Para além das vantagens económicas, este novo método a ser implementado, trará também enormes vantagens no tempo de espera para conclusão destes acabamentos em alças, reduzindo significativamente os prazos de entrega das encomendas, garantindo assim uma maior satisfação dos clientes, satisfação essa que será ainda mais evidente derivado à clara melhoria na qualidade do produto final, que com esta nova solução terá certamente uma apresentação esteticamente mais homogénea e com um acabamento menos artesanal e sim mais profissional.



## Capítulo 4

### 4 Normas de Segurança

#### ***4.1 Introdução:***

Naturalmente que para qualquer projecto é sempre necessário primeiro fazer um levantamento das normas existentes e aplicáveis a cada caso, a fim de serem respeitadas as leis em vigor, que existem precisamente para a protecção de todas as pessoas e entidades envolvidas no acto a que dizem respeito.

Neste caso específico, estamos a falar numa instalação de máquinas industriais, onde logicamente, para protecção dos fabricantes das mesmas, da entidade patronal e dos operários que as irão manobrar, existem também normas de segurança às quais o projecto se terá que cingir, nomeadamente, ao **Decreto-Lei nº 50/2005 de 25 de Fevereiro**, do ministério das actividades económicas e do trabalho, referente aos deveres exigidos à entidade patronal assim como ao operador, aquando da utilização de máquinas ou equipamentos de trabalho, ao **Decreto-Lei nº 320/2001 de 12 de Dezembro**, do ministério da economia, que será por sua vez substituído pelo **Decreto-Lei n.º 103/2008 de 24 de Junho**, do ministério da economia e da inovação a partir de 29 de Dezembro de 2009, ambos referentes aos deveres exigidos aos fabricantes das máquinas ou equipamentos.

#### ***4.2 Normas aplicáveis ao projecto:***

Usando as mesmas definições utilizadas no Decreto-Lei, assumo-se então como «Equipamento de trabalho» qualquer máquina, aparelho, ferramenta ou instalação utilizado no

trabalho, «Utilização de um equipamento de trabalho» qualquer actividade em que o trabalhador contacte com um equipamento de trabalho, nomeadamente a colocação em serviço ou fora dele, o uso, o transporte, a reparação, a transformação, a manutenção e a conservação, incluindo a limpeza, «Zona perigosa» qualquer zona dentro ou em torno de um equipamento de trabalho onde a presença de um trabalhador exposto o submeta a riscos para a sua segurança ou saúde, «Trabalhador exposto» qualquer trabalhador que se encontre, totalmente ou em parte, numa zona perigosa, «Operador» qualquer trabalhador incumbido da utilização de um equipamento de trabalho e «Máquina» um conjunto de peças ou de órgãos ligados entre si, em que pelo menos um deles é móvel e, se for caso disso, de accionadores, de circuitos de comando e de potência, etc., reunidos de forma solidária com vista a uma aplicação definida, nomeadamente para a transformação, o tratamento e o acondicionamento de um material.

Assim sendo, do **Decreto-Lei nº 50/2005 de 25 de Fevereiro**, referente aos deveres exigidos à entidade patronal assim como ao operador, aquando da utilização de máquinas ou equipamentos de trabalho, são de salientar os seguintes artigos, aplicáveis a este projecto em particular:

Do artigo 3º podemos salientar as obrigações gerais, que possui o empregador, para assegurar a segurança e a saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos de trabalho, ou seja, o empregador deve assegurar que os equipamentos de trabalho são adequados ou convenientemente adaptados ao trabalho a efectuar e garantem a segurança e a saúde dos trabalhadores durante a sua utilização, deve atender na escolha dos equipamentos de trabalho, às condições e características específicas do trabalho, aos riscos existentes para a segurança e a saúde dos trabalhadores, bem como aos novos riscos resultantes da sua utilização, deve tomar em consideração os postos de trabalho e a posição dos trabalhadores durante a utilização dos equipamentos de trabalho, bem como os princípios ergonómicos, deve, quando os procedimentos previstos anteriores não permitam, assegurar eficazmente a segurança ou a saúde dos trabalhadores na utilização dos equipamentos de trabalho, tomar as medidas adequadas para minimizar os riscos existentes, deve assegurar a manutenção adequada dos equipamentos de trabalho durante o seu período de utilização, de modo que os mesmos respeitem os requisitos mínimos de segurança.

No artigo 11º podemos encontrar as normas de segurança que dizem respeito aos sistemas de comando.

Isto é, todos os sistemas de comando devem ser seguros e escolhidos tendo em conta as falhas, perturbações e limitações previsíveis na utilização para que foram projectados, devem ser colocados fora das zonas perigosas e de modo que o seu accionamento, nomeadamente por uma manobra não intencional, não possa ocasionar riscos suplementares, devem estar localizados de forma ao operador poder certificar-se a partir do posto de comando principal da

ausência de pessoas nas zonas perigosas, os sistemas de comando que tenham incidência sobre a segurança devem ser claramente visíveis e identificáveis e ter uma marcação apropriada.

Nos artigos 12º e 13º podemos encontrar as normas respeitantes ao arranque e paragem dos motores de accionamento das máquinas, ou seja, para ser efectuado o arranque, os equipamentos de trabalho devem estar providos de um sistema de comando de modo que seja necessária uma acção voluntária sobre um comando com essa finalidade para só assim possam ser postos em funcionamento ou arrancar após uma paragem, qualquer que seja a origem desta.

Do mesmo modo para a paragem, equipamento de trabalho deve estar provido de um sistema de comando que permita a sua paragem geral em condições de segurança, bem como de um dispositivo de paragem de emergência em função dos perigos inerentes ao equipamento e ao tempo normal de paragem, por isso o posto de trabalho deve dispor de um sistema de comando que permita, em função dos riscos existentes, parar todo ou parte do equipamento de trabalho de forma que o mesmo fique em situação de segurança, devendo a ordem de paragem ter prioridade sobre as ordens de arranque.

Do mesmo modo que sempre que se verifique a paragem, a alimentação de energia dos accionadores do equipamento de trabalho deve ser interrompida.

No artigo 16º podemos salientar as normas de segurança para evitar os riscos de contactos mecânicos com as partes em movimento das máquinas.

Para isso mesmo todos os elementos móveis das máquinas que possam causar acidentes por contacto mecânico deverão dispor de protectores que impeçam o acesso às zonas perigosas ou de dispositivos que interrompam o movimento dos elementos móveis antes do acesso a essas zonas, do mesmo modo que os protectores e os dispositivos de protecção devem ser de construção robusta, estar situados a uma distância suficiente da zona perigosa e não devem poder ser facilmente neutralizados ou tornados inoperantes nem limitar a observação do ciclo de trabalho mais do que o necessário.

Para além do aspecto da segurança activa, os protectores e os dispositivos de protecção devem permitir, se possível sem a sua desmontagem, as intervenções necessárias à colocação ou substituição de elementos do equipamento, bem como à sua manutenção, possibilitando o acesso apenas ao sector em que esta deve ser realizada.

O artigo 18º relativamente aos dispositivos de alarme, dos equipamentos, diz-nos que estes devem poder ser ouvidos e compreendidos facilmente e sem ambiguidades.

Relativamente às manutenções dos equipamentos, o artigo 19º diz-nos que essas operações devem poder efectuar-se com o equipamento de trabalho parado ou, não sendo possível, devem poder ser tomadas medidas de protecção adequadas à execução dessas operações ou estas devem poder ser efectuadas fora das áreas perigosas e para efectuar todas as

operações de produção, regulação e manutenção dos equipamentos de trabalho, os trabalhadores devem ter acesso a todos os locais necessários e permanecer neles em segurança.

Quanto aos riscos eléctricos, o artigo 20º diz-nos apenas que os equipamentos deverão proteger os trabalhadores expostos contra os riscos de contacto directo e indirecto com a electricidade.

Dos **Decreto-Lei nº 320/2001 de 12 de Dezembro** e **Decreto-Lei n.º 103/2008 de 24 de Junho**, ambos semelhantes no que diz respeito às normas afectas às condições deste projecto e relativas às obrigações dos fabricantes dos equipamentos, podemos salientar alguns artigos importantes:

De entre os artigos encontrados, é de salientar a obrigatoriedade da presença da marcação CE, devidamente certificada, que deve ser colocada nas máquinas de forma perceptível e visível.

No que diz respeito aos requisitos de saúde e de segurança, os fabricantes devem procurar conceber as suas máquinas de maneira a cumprirem a função a que se destinam e a poderem ser postas em funcionamento, reguladas e objecto de manutenção sem expor as pessoas a riscos quando tais operações sejam efectuadas nas condições previstas, mas tendo também em conta a sua má utilização razoavelmente previsível.

As medidas tomadas devem ter por objectivo eliminar os riscos durante o tempo previsível de vida da máquina, incluindo as fases de transporte, montagem, desmontagem, desmantelamento e posta de parte;

Ao escolher as soluções mais adequadas, o fabricante, ou o seu mandatário, deve ter como princípios eliminar ou reduzir os riscos, na medida do possível (integração da segurança na concepção e no fabrico da máquina), deve tomar as medidas de protecção necessárias em relação aos riscos que não possam ser eliminados, informar os utilizadores dos riscos residuais devidos à não completa eficácia das medidas de protecção adoptadas, indicar se é exigida uma formação específica e assinalar se é necessário disponibilizar equipamento de protecção individual.

Quanto aos Sistemas de comando, estes devem ser concebidos e fabricados de forma a evitar a ocorrência de situações perigosas e acima de tudo, de modo a que possam resistir às tensões de funcionamento previstas e às influências exteriores, uma falha no equipamento ou no suporte lógico (programação) do sistema de comando não conduza a situações perigosas, os erros que afectam a lógica do sistema de comando não conduzam a situações perigosas.

Deverão ser previstos os erros humanos possíveis de ocorrer durante o funcionamento de maneira a que estes não possam conduzir a situações perigosas.

A máquina não deve ser impedida de parar quando a ordem de paragem já tiver sido dada assim como não deverá nunca sofrer arranques intempestivos que podem criar situações inesperadas de perigo.

A construção física da máquina deve ser robusta de maneira a que nenhum elemento móvel da máquina ou nenhuma peça mantida em posição pela máquina possa cair ou ser projectada durante o seu funcionamento.

Os dispositivos de comando devem estar sempre claramente visíveis e identificáveis, mediante pictogramas se necessário e dispostos de modo a permitirem manobras seguras, sem hesitações nem perdas de tempo e sem equívocos, devem ser concebidos ou protegidos de modo a que o efeito desejado, caso implique perigo, só possa ser obtido mediante uma acção deliberada.

Todos os comandos devem ser fabricados de forma a resistirem aos esforços previsíveis, com especial atenção para os dispositivos de paragem de emergência que possam ser sujeitos a esforços maiores.

A máquina deve estar equipada com os dispositivos de sinalização necessários para que possa funcionar com segurança.

O operador deve poder, a partir do posto de comando, ler as indicações desses dispositivos e certificar-se da ausência de pessoas nas zonas perigosas ou o sistema de comando deve ser concebido e fabricado de modo a que o arranque seja impossível enquanto existir alguém na zona perigosa.

## **4.3 Aplicação das normas:**

Atendendo às normas em vigor para estas situações de trabalho, é necessário ter alguma atenção na montagem da máquina em questão.

Uma vez que temos, neste caso, duas máquinas em movimento, existe naturalmente o risco de contacto directo de pessoas com as partes móveis das máquinas, e por isso mesmo será necessário efectuar uma protecção de acessibilidade aos locais potencialmente perigosos, ou seja, teremos que delinear o perímetro de segurança à volta das máquinas até onde é permitido estar durante o seu funcionamento sem que isso cause uma situação perigosa para as pessoas, sendo que nesta situação ambas as máquinas apresentam riscos potencialmente perigosos, uma pelas suas características de movimento rotativo de grandes massas que, naturalmente, em contacto com uma pessoa poderão causar danos graves, e a outra por possuir um sistema de rolamentos que podem causar o esmagamento de membros caso uma pessoa se aproxime demasiado das rodas da máquina.

Por isso mesmo a delimitação do perímetro de segurança deverá contemplar toda a área envolvente às duas máquinas garantindo assim que ninguém, inadvertidamente, seja colocado em risco.

Para além do perímetro, terá de haver um sistema de encravamento que efectue a paragem das máquinas sempre que o perímetro seja transposto por alguma pessoa, isso será garantido por uma porta de acesso ao perímetro com um sensor próprio para o efeito, que a quando a abertura da porta abrirá também o circuito de comando dando a instrução ao sistema para a paragem das máquinas.

Quanto à disposição do posto de trabalho, a consola de comando deverá ser colocada numa zona de boa visibilidade para todo o conjunto do sistema de forma a garantir que o operador se encontra com total controlo visual de tudo o que o rodeia permitindo-lhe uma rápida actuação sobre o sistema de comando ou eventual paragem de emergência caso alguma falha ou perigo se verifique.

Na imagem seguinte podemos ver com mais clareza a disposição pretendida para os equipamentos no local:



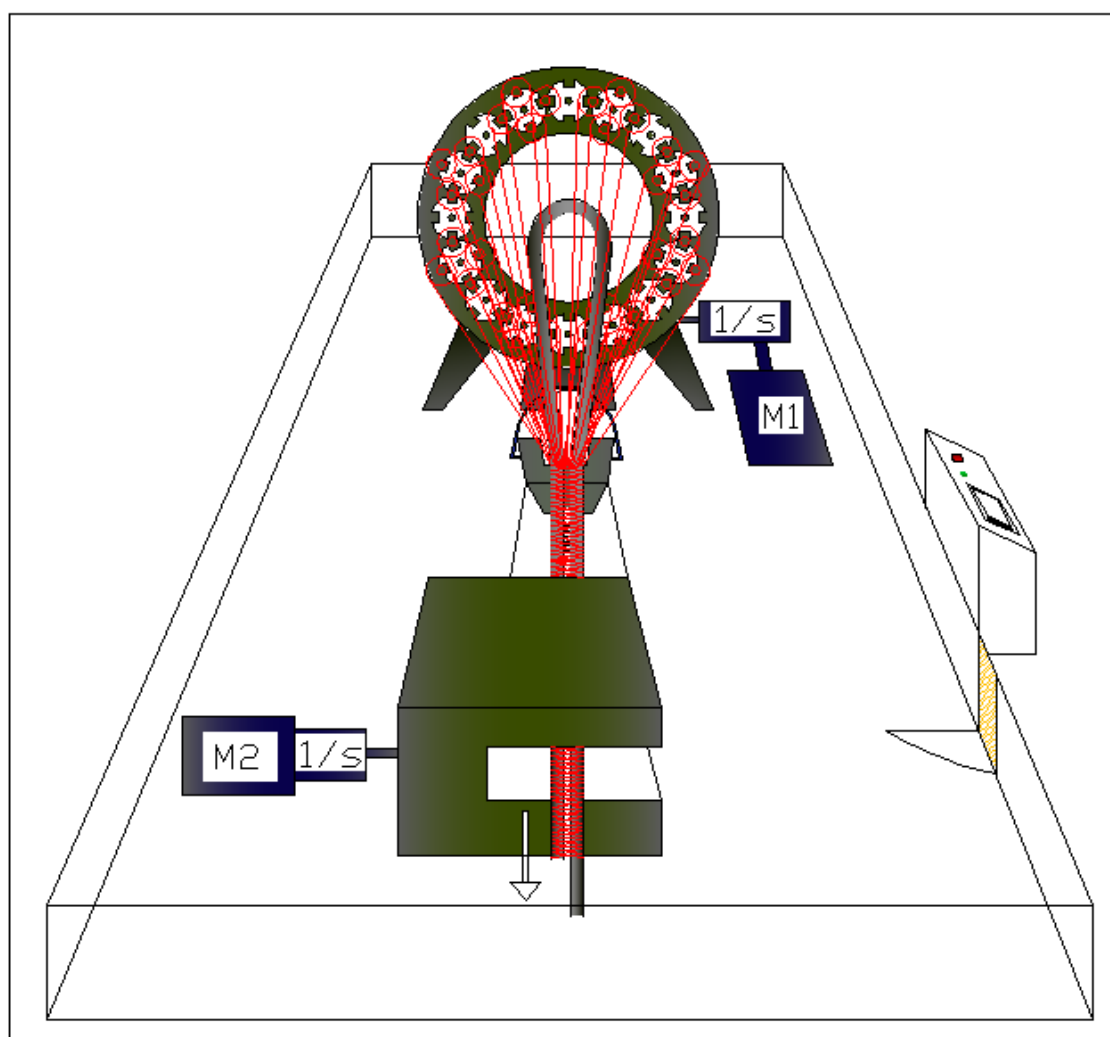


Figura 4.1 - Vista geral da disposição prevista para os equipamentos.

Para a protecção de pessoas contra contactos eléctricos deverão existir protecções no circuito de alimentação, a montante do sistema, de forma a garantir a total protecção quer contra possíveis curto-circuitos quer contra pequenas fugas de corrente para as partes metálicas susceptíveis de serem tocadas pelo operador.



## **Capítulo 5**

# **5 Arquitectura do Sistema de Controlo**

### ***5.1 Introdução:***

Para o funcionamento da máquina ser possível, é necessário que exista uma arquitectura do sistema de controlo capaz receber e processar ordens, quer dadas pelo operador quer provenientes de sinais externos, comandando assim as máquinas na realização das operações a que se destinam de uma forma automática e controlada, salvaguardando sempre todas as possíveis situações de anomalia, tendo para isso que ser provida de sensores capazes de detectar e enviar informações em tempo real ao sistema para que seja possível o operador monitorizar todo o seu funcionamento e, sempre que necessário, intervir sobre ele de forma a garantir que o produto final é realizado de acordo com as especificações pretendidas.

### ***5.2 Definição do sistema:***

Para efectuar a escolha dos equipamentos a utilizar, para o controlo e monitorização da máquina, temos primeiro que lembrar os requisitos definidos na fase inicial do projecto para o sistema.

Tal como foi definido, pretende-se controlar a velocidade de dois motores de indução trifásicos, com potências de 4kW e 2,2kW.

Naturalmente para efectuar esse controlo, a escolha mais lógica recai sobre variadores de velocidade, que para além de garantirem o controlo de velocidade e torque mecânico dos

motores, garantem também a sua protecção, tanto térmica como eléctrica, limitando assim os valores de corrente e tensão aos terminais do mesmo.

Uma vez que se pretende obter um controle de velocidade preciso e inclusive controlar também a posição do motor para determinar as distâncias a percorrer, deverão ser aplicados nos motores dispositivos do tipo encoder de forma a poder então realizar o controlo em malha fechada, obtendo assim o máximo de controlo sobre os motores e por conseguinte também sobre o funcionamento da máquina em geral.

Uma vez que as velocidades dos dois motores terão de estar relacionadas, ou seja, a velocidade do motor 2, da arrastadora, estará dependente, da velocidade imposta no motor 1, da entranchadora, e do passo pretendido para o entranchamento, então serão necessários variadores com possibilidade de programação, permitindo assim a comunicação entre eles de forma a garantir que a velocidade de um estará subjacente à velocidade imposta no outro e ao passo escolhido e definido pelo operador sem ser para isso necessário a existência de um autómato de controlo externo.

Quanto à interface operador-máquina, tal com definido nos requisitos, é pretendida a existência de uma consola táctil que possua todos os menus indispensáveis à introdução manual dos dados relativos do produto a fabricar e que por sua vez esteja em comunicação com ambos os variadores, dando-lhes assim a informação necessária para que eles sejam capazes de, automaticamente, controlar os motores segundo as prescrições exigidas.

A consola deverá também ser capaz de ler, em tempo real, os valores de interesse dentro dos variadores, informando assim o operador do estado da situação, assim como da existência de uma eventual avaria, indicada por qualquer sensor, podendo dessa forma actuar sobre a resolução do problema e então retomar o bom funcionamento da máquina.

Embora se pretenda que o sistema esteja preparado para responder automaticamente a qualquer alteração de passo de entranchamento, provocado pelas variações do diâmetro da alça, ou seja, sendo capaz de ajustar a velocidade dos motores, de forma automática, para garantir a estabilidade desse passo, o utilizador poderá também em qualquer altura actuar manualmente sobre as velocidades dos motores, ajustando-as assim ao passo que pretende.

## **5.3 Sensores:**

Uma parte importante para o bom funcionamento do sistema é a presença de sensores, estes serão responsáveis pela detecção de situações de anomalia, indicando assim ao sistema da existência de um problema que depois será tratado da forma mais aconselhada para cada caso, podendo em muitas situações efectuar a paragem das máquinas, até que a avaria seja corrigida.

Para escolhermos os sensores, primeiro será necessário relembrar para finalidade servirão de forma a conseguirmos então prever a quantidade necessária e o tipo de sensor que melhor se adequa a esse propósito.

Tal como definido na análise de requisitos, o sistema deverá contemplar a possibilidade de ocorrência de casos de anomalia tais como fios partidos, bobinas vazias, sobre tensões, sub tensões e pressão baixa do óleo de lubrificação.

Após análise da máquina podemos ver que os carretos da máquina, onde serão colocadas as bobinas, possuem um sistema de roldanas metálico, por onde circulará o fio, que provoca o movimento de um de um veio que pode ser utilizado para análise da tensão no fio.

A figura seguinte mostra o esquema de vista lateral dum desses carretos:

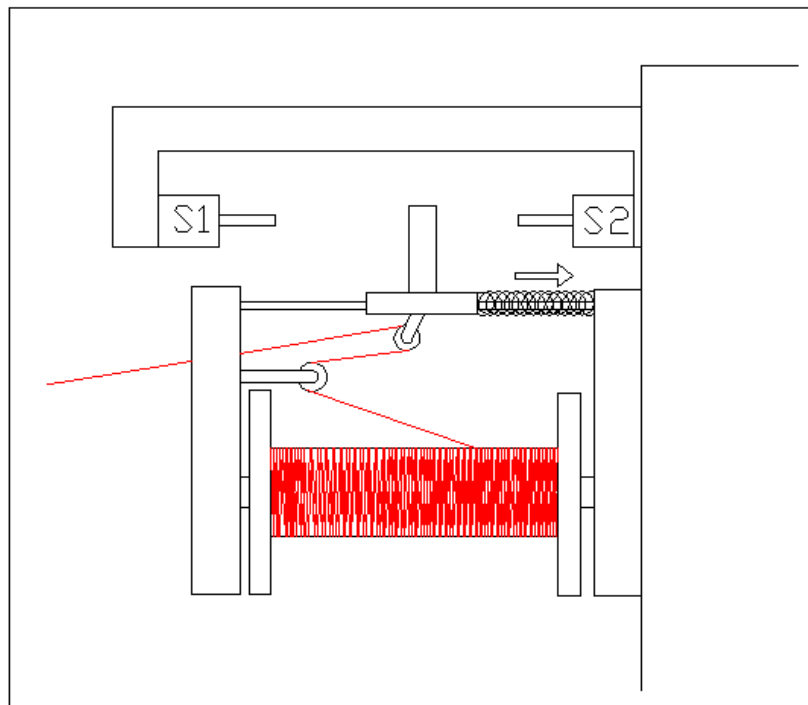


Figura 5.1 - Esquema ilustrativo de um carreto da máquina.

Tal como podemos ver nesta ilustração, o fio ao ser desenrolado atravessa um sistema de roldanas na qual uma delas se encontra móvel sobre um veio mas presa por uma mola do lado da face principal da máquina.

A tensão do fio irá provocar o movimento da patilha onde se encontra a roldana superior para a posição central, contrariando assim a força exercida pela mola.

Isto significa que em funcionamento normal, essa patilha deverá estar no meio do veio, sendo que apenas em casos de anomalia ela irá para os extremos, ou seja, em caso de fio partido,

sub tensão ou bobine vazia, a mola irá puxar a patilha para o lado da máquina, enquanto que se houver um encravamento no fio ou uma sobre tensão a patilha irá ser puxada para o lado esquerdo, contrário ao da máquina.

Se aplicarmos um sensor de cada lado iremos conseguir garantir que se ocorrer alguma dessas anomalias, a patilha irá activar um dos sensores e enviar a informação para o sistema.

Os sensores serão aplicados na parede da máquina, tal como ilustra a figura, bastando aplicar em 4 posições, ou seja nos eixos principais, sendo que um caso de anomalia será detectado no máximo ao fim de  $\frac{1}{4}$  de volta após ter ocorrido, o que é suficiente, contudo, se necessário, poderão ser aplicados mais noutras posições.

Estes sensores uma vez que estarão sujeitos a um impacto provocado pela patilha a embater no sensor, deverão ser sensores metálicos robustos, de fim de curso, preparados para actuarem nestas condições.

Após pesquisa no mercado, será indicado o uso de aparelhos como por exemplo os limit switches da gama Telemecanique da Schneider Electric como o representado na figura seguinte.

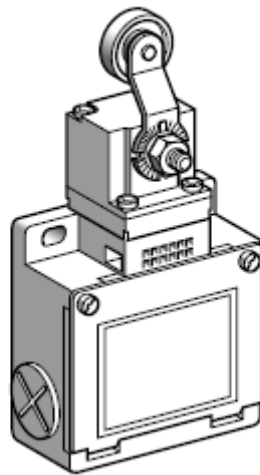


Figura 5.2 - Rotary Limit Switch Telemecanique, Schneider Electric

Quanto ao sensor de pressão do óleo de lubrificação, já existe na máquina um sensor de pressão aplicado, com alimentação também a 24V que poderá ainda ser reutilizado, pelo que não será necessário adaptar outro.

Em relação à protecção de entrada no perímetro de segurança, para além da barreira física construída à volta dessa área, munida de avisos de proibição de entrada no perímetro durante o funcionamento da máquina, será também aconselhado o uso de um sensor do tipo *circuit breaker*, próprio para este tipo de utilização de segurança, aplicado entre a porta e o batente da mesma, de forma a garantir que em caso de abertura, durante o funcionamento da máquina, será quebrado o sinal que dá indicação aos variadores de que o perímetro está fechado e então originar a paragem imediata dos motores.

Em resumo, para casos de anomalia, teremos então 4 sensores para as anomalias de fio partido, sub tensão ou bobine vazia, 4 sensores para as anomalias de encravamento do fio ou sobre tensão, estes grupos de sensores poderão ser ligados em separado ou em apenas 2 circuitos de 4 sensores cada, enviando assim só dois sinais de comando para o sistema. E por fim temos o sensor de abertura de porta de acesso ao perímetro de segurança e ainda o sensor para análise da pressão do óleo de lubrificação.

Relativamente ao processo de fabrico, será ainda importante a aplicação de mais dois sensores para efectuar a despistagem de alterações no passo de entrançamento, isto é, para ser possível que o sistema automaticamente ajuste as velocidades dos motores para manter o passo, será necessário desenvolver um mecanismo que permita detectar a alteração desse mesmo passo e que informe o sistema de como actuar consoante a alteração detectada.

A proposta para resolver esse problema, será a aplicação de uma barra metálica pousada sobre os fios segundo um ângulo determinado e entendido como correcto para aquele passo definido para o produto, e então a aplicação de dois sensores de fim de curso de ambos os lados da barra de forma a detectar a variação desse ângulo, sendo que sempre que se verificar uma alteração desse ângulo significará que o motor da arrastadora terá de ajustar a sua velocidade, ora aumentando ora diminuindo, mantendo assim o ângulo na posição pretendida e consequentemente o passo na ordem de valores aceitáveis para o produto em laboração.

Essa barra que determinará o ângulo e os respectivos sensores poderão ser aplicados num pilar de suporte já existente na máquina que serve apenas para segurar o cabo na posição pretendida no eixo de rotação do entrançamento.

Na figura seguinte é possível ver o esquema ilustrativo e assim compreender melhor a solução proposta.

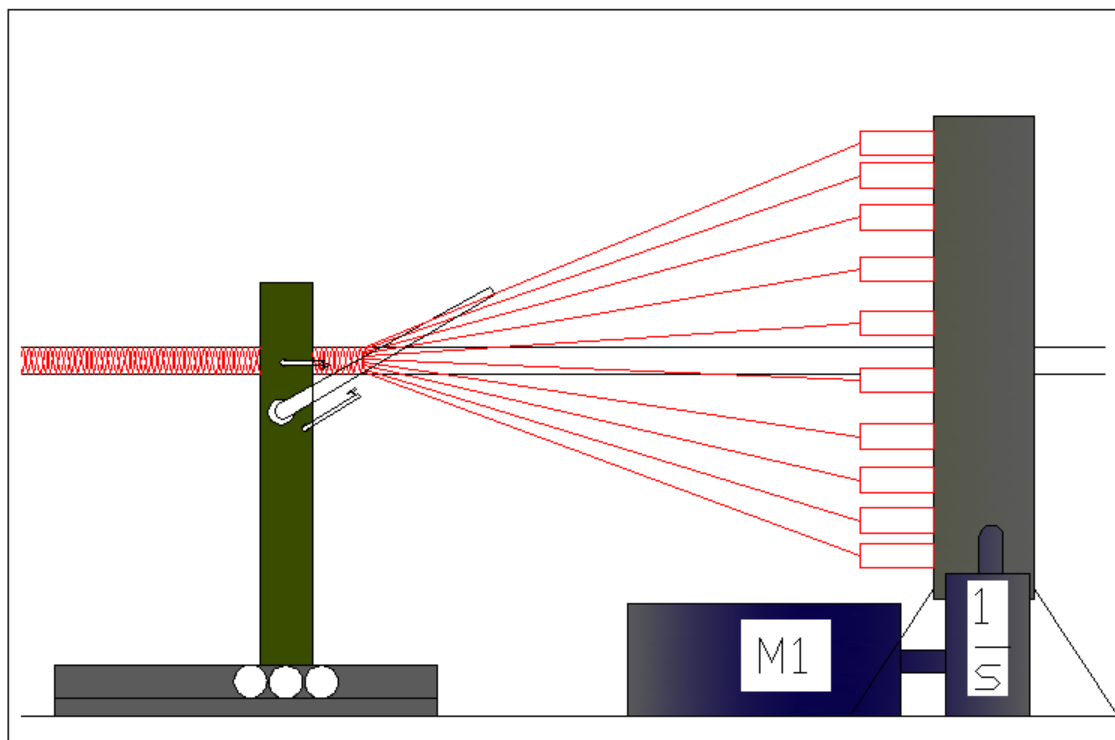


Figura 5.3 - Esquema ilustrativo da aplicação de sensores para controlo da estabilização do passo de entrançamento.

Tal como é visível na figura, o pilar central de apoio do cabo é naturalmente móvel, para permitir o ajuste da posição do apoio para cada tipo de cabo a entrançar.

Essa mobilidade permite que ao ser colocado o pilar na posição correcta se ajuste também a posição da barra e dos sensores limitando assim o ângulo de variação com que será realizado o entrançamento, garantindo então que a máquina de arrastar, em caso de uma alteração do passo, irá variar também a sua velocidade de forma a manter o passo de entrançamento dentro dos valores considerados aceitáveis para o produto em fabrico.

Para estes dois sensores poderão ser utilizados os sensores de fim de curso também da gama telemecanique da Schneider Electric, semelhantes aos anteriormente utilizados mas com um mecanismo de activação diferente, ou seja, em vez de actuarem por rotação da patilha de accionamento do sensor, actuarão por pressão de contacto exercida sobre o sensor.



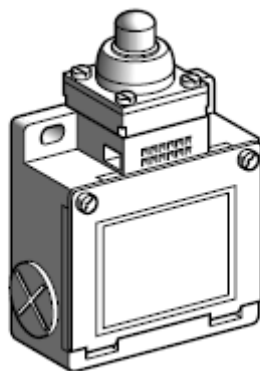


Figura 5.4 - Plunger Limit Switch Telemecanique, Schneider Electric

## **5.4 Variadores de Velocidade:**

Após definidos os sensores, faltava então chegar a parte mais operativa do sistema, os variadores de velocidade.

Os variadores serão naturalmente uma das partes mais importantes do sistema de controlo pois serão responsáveis não só pelo controlo vectorial dos motores como pela recepção e assimilação dos sinais provenientes dos sensores e inclusive dos sinais de comando ora vindos da consola ora podendo também vir de actuadores manuais externos.

Inicialmente, na fase de pesquisa de opções para estes equipamentos, foram exploradas as possibilidades de uso de variadores das marcas Omron, Schneider e Siemens, contudo por razões de preço e por afinidade profissional e comercial entre a Quintas&Quintas e a empresa Mais Automação, foi preferida a escolha pelos equipamentos de marca Parker – SSD Drives, cuja representação é garantida pela empresa Mais Automação.

Nessa mesma altura foi marcada então uma reunião na sede do representante, de forma a tentar obter informações sobre os produtos disponíveis.

Da gama de variadores da SSD disponíveis, para controlo vectorial de motores com possibilidade de programação e de intercomunicação entre aparelhos, ora variadores ora consola, apenas cumpriam esses requisitos 3 modelos, sendo que um deles é um modelo ainda novo no mercado com grandes capacidades de programação e um preço naturalmente também mais dispendioso relativamente aos restantes 2, tornando assim inadequado para o projecto.

Assim sendo a escolha ficou então apenas confinada entre os variadores do tipo 650V e 690+, ambos preparados para controlo vectorial de motores AC, com capacidade de comunicação entre vários aparelhos, tendo apenas como principal diferença a capacidade de pré-

programação do seu funcionamento, sendo que o 690+ apresenta um maior leque de opções de programação que serão úteis para o processamento dos sinais de entrada.

Por esse mesmo motivo optou-se então por utilizar um variador 650V para o controlo do motor da entrançadora, que terá velocidades teoricamente bem definidas pelo operador, e um variador 690+ para o controlo do motor da arrastadora pois será o motor cuja velocidade irá estar dependente de múltiplos factores, tais como a velocidade imposta ao motor da entrançadora, o passo escolhido para o produto e ainda as imposições de ajuste de velocidade provocadas pelos sensores de apoio à manutenção do passo de entrançamento.

Nos documentos anexos encontram-se transcritas todas as especificações fornecidas pelo fabricante sobre ambos os aparelhos, 650V e 690+.

## **5.5 Consola:**

Tal como foi definido na análise de requisitos, pretende-se então que a relação homem-máquina seja garantida através de um monitor táctil onde seja possível o manobrador aceder a todos os menus necessários para introduzir as ordens pretendidas e colocar a máquina em funcionamento, assim como para monitorização em tempo real de todos os eventos em ocorrência durante o seu período de funcionamento.

Para este equipamento, tal como ocorrido na escolha dos variadores, inicialmente foram exploradas as opções de uso de consolas das marcas Omron, Schneider e Siemens, até altura mais conhecidas por mim, mas por opção da Quintas&Quintas e pelas mesmas razões tidas em conta para os variadores optou-se então pela utilização da mesma marca para a consola, Parker – SSD Drives.

Assim sendo, aproveitou-se a reunião marcada na Mais Automação, representante e fornecedor da marca, para obter também informações sobre os equipamentos disponíveis para esta finalidade.

A marca possui então uma gama de consolas HMI – Touchscreen com capacidade de comunicação com vários aparelhos em simultâneo, memória interna de 8mb para a parte gráfica, com software de programação gratuito, conexão USB de interligação com um computador para efectuar a programação e uma construção aparentemente robusta pelo que reúne as condições necessárias para a aplicação ao sistema.

Em anexo poderão ser vistas de forma mais detalhada as especificações fornecidas pelo fabricante para este equipamento.

## 5.6 Comunicações:

Relativamente às comunicações, uma vez que pretendemos realizar a comunicação entre mais do que dois aparelhos em simultâneo e uma vez que ambos os equipamentos estão preparados para tal, optou-se por realizar as comunicações em RS485, garantindo assim uma maior rapidez de comunicação e ambos os aparelhos a serem capazes de emitir e receber sinais entre si.

Quanto às comunicações com os sensores, estes vão ser alimentados a 24V e então ligados às entradas dos variadores, o que permitirá posteriormente a programação de cada variador para interpretar os sinais emitidos pelos sensores e então actuar sobre o funcionamento da máquina segundo os parâmetros pretendidos.

Os encoders serão ligados directamente à entrada específica para o efeito na tech box de ligação de encoders existente em cada um dos variadores.

Na figura seguinte podemos ver o esquema geral da arquitectura do sistema de controlo escolhido.

### 5.6.1 Esquema de ligações:

Na tabela seguinte podemos ver em que entrada de cada variador deverá ser ligado cada saída de cada aparelho.

Saída:	Entrada:
Sensor de detecção de aumento de passo	Terminal 12 do variador 690+
Sensor de detecção de diminuição de passo	Terminal 13 do variador 690+
Circuito de 4 sensores de detecção de anomalia de sobretensão ou encravamento do fio	Terminal 14 do variador 690+ e terminal 7 do variador 650V
Circuito de 4 sensores de detecção de anomalia de subtensão, bobine vazia ou fio partido	Terminal 15 do variador 690+ e terminal 8 do variador 650V
Sensor de pressão do óleo	Terminal 16 do variador 690+ e terminal 9 do variador 650V
Sensor de porta de segurança	Terminal 17 do variador 690+ e terminal 10 do variador 650V
Encoder do motor 1	Speed Feedback Card do variador 650V
Encoder do motor 2	Speed Feedback Card do variador 690+
Terminal 21 do variador 690+	Terminal 11 do variador 650V

Tabela 5.1 - Ligações do sistema de controlo.

Relativamente à ligação entre o terminal 21 do variador 690+ e o terminal 11 do variador 650V, será explicado na parte de programação do sistema, esta ligação servirá para o variador 690+ dar a informação de paragem ao variador 650V quando for atingido o comprimento de entrançamento pretendido pelo operador, parando assim as duas máquinas.

Na figura seguinte podemos ver o esquema geral da arquitectura do sistema de controlo escolhido.

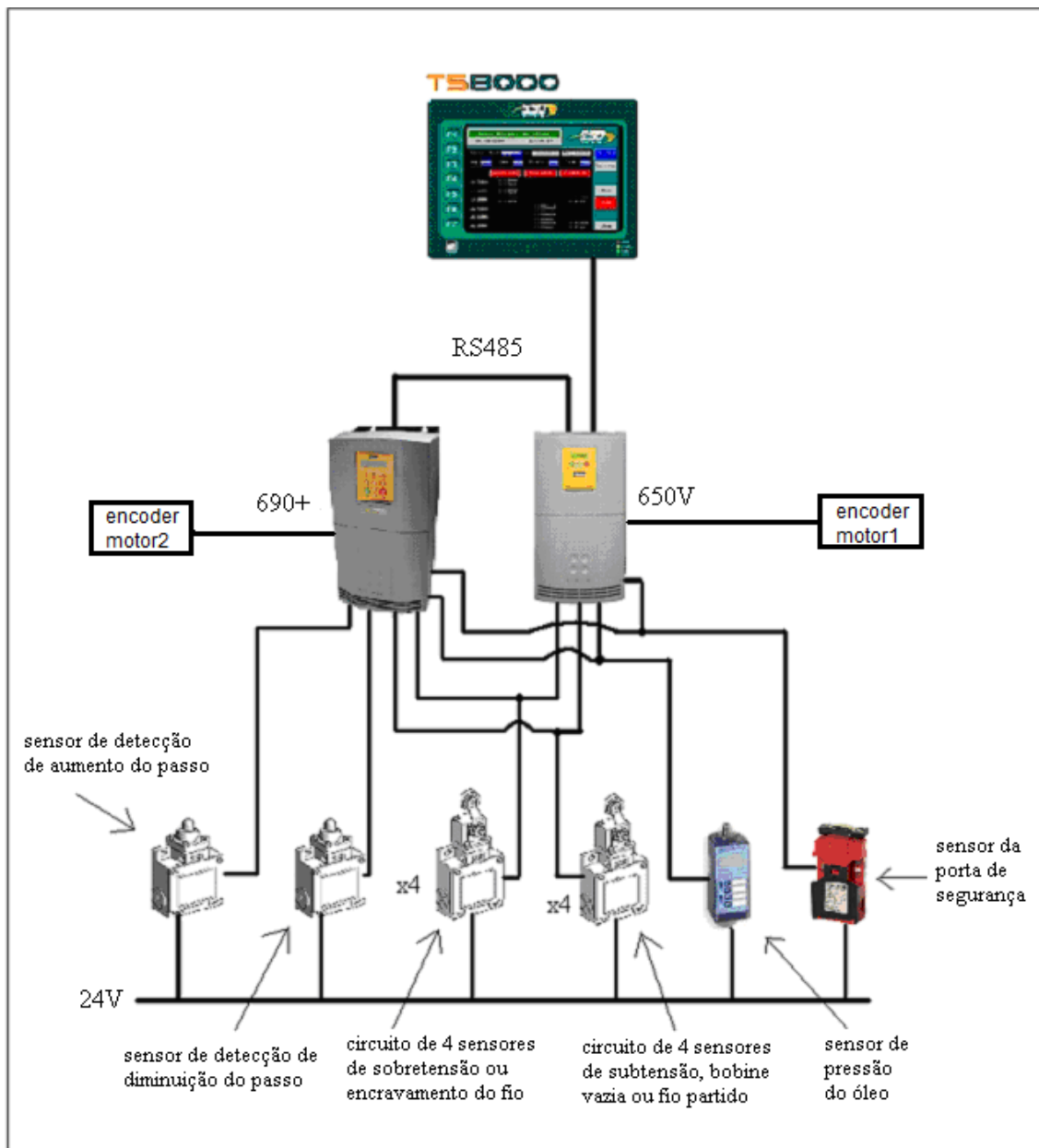


Figura 5.5 - Esquema geral de ligações d

# Capítulo 6

## 6 Instalação Eléctrica

### ***6.1 Introdução:***

Uma parte muito importante para o funcionamento do sistema que se pretende elaborar é naturalmente a instalação eléctrica de alimentação do mesmo.

A instalação eléctrica para além de ser responsável pelo fornecimento de energia aos equipamentos, terá também que estar preparada para executar funções de protecção tanto dos equipamentos como das pessoas que os irão futuramente utilizar.

### ***6.2 Sistemas de protecção:***

No que diz respeito à protecção de motores e pessoas é imprescindível garantir que toda a instalação estará sempre protegida tanto quanto a sobrecargas como quanto a possíveis curto-circuitos incluindo naturalmente a protecção diferencial contra contactos indirectos.

A protecção dos equipamentos e cabos contra curto-circuitos poderá ser garantida ou por intermédio de disjuntores ou por corta circuito fusíveis que terão de ser dimensionados de forma a proteger a instalação mas sem que ocorram disparos intempestivos durante o funcionamento normal dos equipamentos.

Devido a ser uma instalação de alimentação de motores cuja corrente de arranque pode atingir valores 5 a 7 vezes superiores ao valor da corrente nominal, terá de se ter em atenção na escolha do equipamento de protecção contra curto-circuitos, pois estes terão de possuir características de acção retardada, de forma a permitirem a passagem desses valores de

corrente de arranque superiores à corrente nominal sem que o circuito seja interrompido durante esse mesmo arranque, cortando apenas em situações reais de curto-circuito.

Assim sendo se for optado por usar fusíveis, estes terão de ser do tipo aM, os chamados “fusíveis de motor” com acção retardada para esse propósito mas caso se opte por usar disjuntores, a escolha recairá então pelos aparelhos com curva característica do tipo D, curva específica para a utilização com aparelhos que possuam picos de corrente como é o caso do arranque dos motores.

Quanto ao poder de corte das protecções, seria necessário calcular a potência de curto-circuito da instalação, o que exige que se conheça a rede eléctrica da fabrica, no entanto, isso não foi possível de obter, pelo que foi apenas possível verificar que, no quadro da zona, os aparelhos de protecção dos restantes circuitos existentes têm um poder de corte máximo de 10kA, contudo, por razões de maior segurança, será mais aconselhado efectuar a protecção contra curto-circuitos de cada motor com fusíveis cilíndricos aM, que possuem um poder de corte muito elevado, até 100kA, garantido assim que a protecção é garantida mesmo no pior caso.

Para a protecção de pessoas quanto a contactos indirectos deverá ser instalado um disjuntor ou interruptor diferencial a montante do quadro de alimentação da máquina de forma a garantir o corte da alimentação em caso de detecção de uma fuga de corrente para uma massa susceptível de ser tocada pelo manobrador.

Uma vez que o local onde será montada a máquina se trata de um ambiente com pouca humidade e com uma limpeza razoável, bastará uma protecção diferencial normal de 300mA.

Quanto à protecção contra sobrecargas, os variadores de velocidade possuem já a capacidade de controlo das correntes consumidas pelos motores garantindo assim que estas não atingem valores perigosos para os seus constituintes, contudo, uma vez que teremos de utilizar também contactores para permitir realizar a abertura do circuito de alimentação em caso de emergência, então, poderão ser utilizados também relés térmicos indexados aos contactores de forma a garantir que, mesmo em caso de anomalia dos variadores, a corrente fornecida ao motor não excede, por um período de tempo considerado perigoso, a corrente nominal suportável pelos seus constituintes.

## ***6.3 Características da instalação:***

Tal como é sabido, estamos perante uma instalação de comando e potência de um sistema industrial, nomeadamente de uma máquina constituída essencialmente por dois motores trifásicos assíncronos de indução, que serão naturalmente os principais responsáveis pelo consumo de potência do sistema.

A instalação partirá do quadro parcial da zona, de onde sairá o circuito de alimentação para o quadro da máquina, sendo que a distância entre os dois quadros será inferior a 50 metros.

Todos os cabos serão montados em calha própria, pelo chão ou pelo tecto.

No quadro da máquina deverão estar os circuitos de alimentação e protecção dos dois motores existentes assim como todos os circuitos de alimentação dos sensores e outros equipamentos do sistema tais como a consola central de comando.

Quanto às quedas de tensão admissíveis na instalação, a partir do regulamento RTIEBT, retiro que para esta situação, de uma instalação alimentada a partir de um posto de transformação MT/BT, a queda de tensão se situa na tolerância dos 8%, no entanto o regulamento diz também que sempre que possível essa tolerância deverá ser mantida inferior a 5% da tensão nominal.

Nas figuras seguintes estão representados os esquemas gerais unifilares da instalação dos circuitos de potência e de comando:

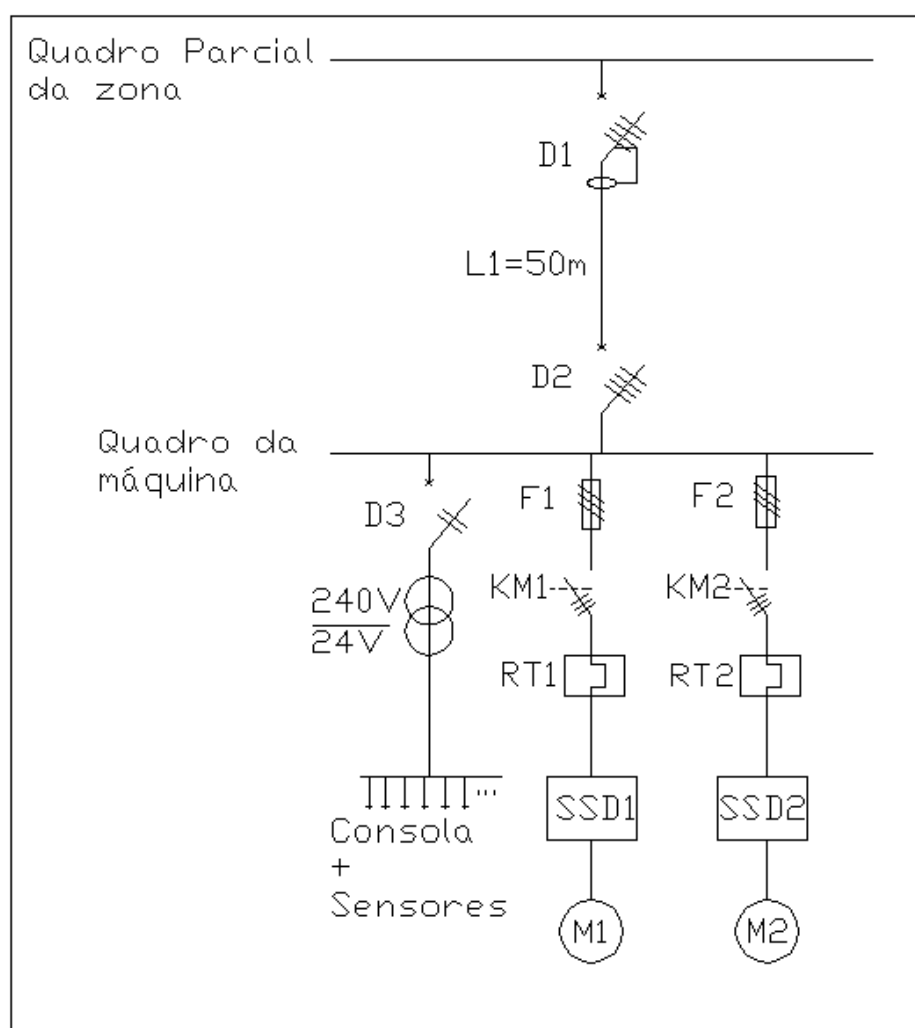


Figura 6.1 - Esquema geral unifilar do circuito de potência

Legenda:

D1 – Disjuntor diferencial tetrapolar

L1 – Linha de alimentação entre quadros, distância aproximada de 50m

D2 – Disjuntor ou interruptor/seccionador tetrapolar

D3 – Disjuntor bipolar de protecção do transformador de potência.

F1 – Fusível Tripolar

KM1 – Contactor Tripolar

RT1 – Relé Térmico associado ao contactor

SSD1 – Variador de Velocidade

M1 – Motor 1

F2 – Fusível Tripolar

KM2 – Contactor Tripolar

RT2 – Relé Térmico associado ao contactor

SSD2 – Variador de Velocidade

M2 – Motor 2

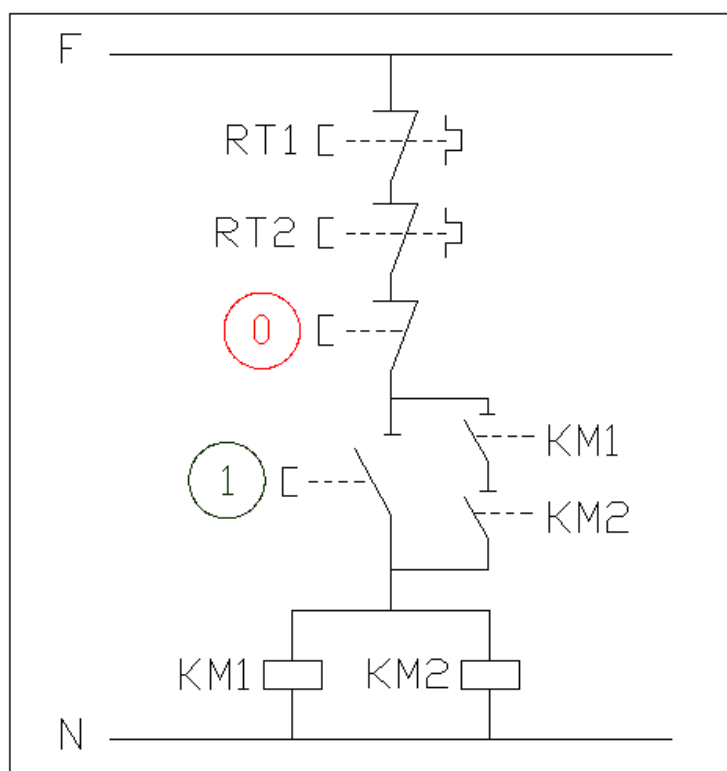


Figura 6.2 - Esquema geral unifilar do circuito de comando



Legenda:

RT1 – Contacto normalmente fechado associado ao relé térmico 1

RT2 – Contacto normalmente fechado associado ao relé térmico 2

0 – Contacto normalmente fechado associado ao botão de corte de emergência

1 – Contacto normalmente aberto associado ao botão de activação do sistema

KM1 - Bobina associada ao contactor 1 cuja aplicação de uma tensão aos seus terminais fará fechar os contactos normalmente abertos KM1 e activar o circuito de potência do motor 1.

KM2 - Bobina associada ao contactor 2 cuja aplicação de uma tensão aos seus terminais fará fechar os contactos normalmente abertos KM2 e activar o circuito de potência do motor 2.

## **6.4 Dimensionamento:**

### **6.4.1 Circuito de Potência:**

O primeiro passo para o dimensionamento do sistema eléctrico será definir as potências envolvidas, que no nosso caso se prendem praticamente às potências dos dois motores existentes, um de 2,2kw e outro de 4kw de potência, apresentando, respectivamente, correntes nominais de 4,9A e 8,2A.

Sabendo que os motores foram sobredimensionados de forma a não necessitarem de operar em sobrecarga e tendo em conta que o controlo dos mesmos será feito através de variadores de frequência, o que por sua vez irá também garantir que esses valores de corrente não sejam ultrapassados, então podemos admitir que a instalação a montante terá de ser dimensionada para um valor de corrente nominal acima de 13,1A.

No entanto, embora o factor preponderante do consumo se prenda aos consumos dos motores, temos também que considerar um valor de consumo para os equipamentos de controlo, nomeadamente a consola e alguns sensores, que serão por sua vez alimentados a uma tensão de 24Vdc.

Uma vez que a consola vem fornecida com um transformador 230Vac / 24Vdc, à parte, com capacidade até 5A, e sabendo que a consola apenas possui um consumo de cerca de 1A, podemos então aproveitar esse transformador também para a alimentação dos sensores, assim sendo podemos então assumir que o consumo dos equipamentos de controlo não será nunca superior a 5A.

## 6.4.2 Alimentação do quadro da máquina:

Assumindo assim que a corrente de serviço será dada pela corrente nominal dos motores mais a corrente consumida pelos equipamentos de controlo, ou seja aproximadamente 18,1A podemos então começar por dimensionar o ramal de alimentação do quadro parcial da zona para o quadro da máquina, linha L1 e aparelhos D1 e D2 representados no esquema geral unifilar do circuito de potência.

É no entanto de salientar que os motores não serão supostos funcionarem à plena carga e que os equipamentos de controlo não terão possivelmente um consumo tão exagerado, pelo que o valor 18,1A será por isso talvez um valor exagerado, mas por prevenção, será esse o valor considerado para a corrente de serviço,  $I_b$ , no circuito L1.

Sendo então  $I_b = 18,1A$  e uma vez que se pretende aplicar um disjuntor diferencial tetrapolar para a protecção desta linha, o seu calibre de protecção,  $I_n$ , será dado por:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (6.1)$$

Sabendo que o cabo será instalado ao ar em calha técnica, tendo em conta que será um cabo com 3 condutores de cobre carregados e com isolamento em PVC, das RTIEBT<sup>1</sup>, podemos retirar que para um cabo com secção de 4mm<sup>2</sup> a corrente máxima admissível,  $I_z$ , será de 32A. Assim sendo, o calibre da protecção poderá ser de 25A, o que respeita a condição pretendida.

$$18,1A \leq 25A \leq 32A \quad (6.2)$$

Quanto ao tempo de actuação da protecção contra curto-circuitos sabemos que este terá de ser inferior a 5seg e também inferior ao tempo de fadiga térmica do cabo.

Para isso teremos de calcular primeiro a corrente de curto-circuito mínima para este cabo, essa corrente mínima de curto-circuito verificar-se-á quando houver um encosto entre uma fase e o neutro, sendo aí a diferença de potencial de apenas 230V.

$$I_{cc \min} = \frac{0,95U_n}{1,5(R_{fase 20^\circ C} + R_{neutro 20^\circ C})} \quad (A) \quad (6.3)$$

---

<sup>1</sup> DGGE - 1ª Edição Anotada - Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão – Volume II – página nº 2176

Sendo:

$U_n = 230V$  ; para um curto-circuito fase-neutro.

$\rho = 0,017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  ; resistividade do cobre

$L = 50\text{m}$  ; comprimento máximo previsto para o cabo

$S = 4\text{mm}^2$  ; secção escolhida dos condutores

$$R_{\text{fase } 20} = \frac{\rho \times L}{S} = \frac{0,017241 \times 50}{4} = 0,22 \Omega$$

$R_{\text{neutro } 20^\circ\text{C}} = R_{\text{fase } 20^\circ\text{C}} = 0,22 \Omega$  ; secção do condutor de neutro igual ao das fases.

Então:

$$I_{cc \min} = \frac{0,95 \times 230}{1,5(0,22 + 0,22)} = 331A \quad (6.4)$$

Quanto ao tempo de fadiga térmica do cabo, será dado por:

$$T_{ft} = \left( \frac{k \times S}{I_{cc \min}} \right)^2 \quad (\text{seg}) \quad (6.5)$$

Sendo:

$k = 115$  ; isolamento a pvc

$S = 4\text{mm}^2$  ; secção dos condutores

$I_{cc \min} = 331A$

Então:

$$T_{ft} = \left( \frac{115 \times 4}{331} \right)^2 = 1,3 \text{seg} \quad (6.6)$$

Sendo assim então o disjuntor a aplicar terá de ter uma curva característica que o permita disparar, para correntes de curto-circuito acima de 331A, num tempo inferior a 1,3 seg., contudo, para além disso essa curva terá de ser do tipo “D” de forma a aguentar correntes superiores à corrente nominal durante os períodos de arranque dos motores, evitando assim os disparos intempestivos.

No que diz respeito às quedas de tensão, as RTIEBT dizem-nos que a queda de tensão nos cabos deverão respeitar as seguintes regras:

$$u = b \times \left( \frac{\rho l \times L}{S \times \cos \varphi + \lambda \times \sin \varphi} \right) \times Ib \quad (6.7)$$

e

$$\Delta u = \frac{100u}{U0} \leq 5\% \quad (6.8)$$

Sendo:

$u$  ; queda de tensão no circuito

$\Delta u$  ; queda de tensão relativa , expressa em percentagem

$U0$  ; tensão entre fase e neutro , expressa em volts

$b = 1$  ; coeficiente usado para circuitos trifásicos

$\rho l = 0,0225 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  ; resistividade do cobre à temperatura de serviço normal

$L = 50 \text{ m}$ ; comprimento da canalização

$S = 4 \text{ mm}^2$  ; secção dos condutores

$\cos \varphi = 0,8$  ,  $\sin \varphi = 0,6$  ; factor de potência aconselhado nas RTIEBT

$\lambda = 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$  ; reactância linear dos condutores, valor aconselhado nas RTIEBT

$Ib = 18,1 \text{ A}$  ; corrente de serviço

Então a queda de tensão no circuito L1 será dada por:

$$u = 1 \times \left( \frac{0,0225 \times 50}{4 \times 0,8 + 0,08 \times 0,6} \right) \times 18,1 = 4,94V \quad (6.9)$$

$$\Delta u = \frac{100 \times 4,94}{230} = 2,15\% < 5\% \quad (6.10)$$

Para terminar o circuito de alimentação do quadro da máquina falta-nos apenas dimensionar o aparelho D2 à entrada do quadro.

Uma vez que a protecção da linha já é garantida pelo aparelho D1, então o aparelho D2 servirá apenas como interruptor/seccionador, para facultar a possibilidade de corte do circuito à entrada do quadro da máquina, não necessitando por isso de ser dimensionado para responder a curto-circuitos.

Por isso mesmo podemos então escolher um interruptor tetrapolar com uma capacidade de corte suficiente para garantir a interrupção do circuito em carga para o valor da corrente máxima de serviço estipulada.

Bastará para isso um interruptor/seccionador de 20A ou 25A.

### 6.4.3 Alimentação do motor 1:

Assumindo que o motor 1 será o motor da entrançadora, então trata-se de um motor com uma potência de 4kW e uma corrente nominal à plena carga de cerca de 8,2A.

Pelo mesmo método utilizado para o dimensionamento da linha L1 e aparelho D2 podemos agora dimensionar também o fusível F1 e o cabo de alimentação do motor.

Sendo agora  $I_b = 8,2A$  e uma vez que aqui se pretende aplicar um fusível, o seu calibre de protecção,  $I_n$ , será dado por:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (6.11)$$

e

$$I_z \leq 1,45 I_z \quad ; I_z \rightarrow \text{corrente convencional de funcionamento} \quad (6.12)$$

Tendo em conta que este cabo também será instalado ao ar em calha técnica e com 3 condutores de cobre carregados, com isolamento em PVC, pela mesma tabela que escolhemos a secção do cabo L1, podemos ver que para a secção 2,5mm<sup>2</sup>, secção mínima

permitida para este tipo de instalação, a corrente máxima admissível,  $I_z$ , é igual a 24A, o que nos garante que o cabo está já sobredimensionado.

Quanto ao calibre da protecção, poderá ser de 10A o que terá uma corrente convencional de funcionamento,  $I_2$ , inferior a  $1,9I_n$ , ou seja 19A, o que respeita a condição pretendida.

$$8,2A \leq 10A \leq 24A \quad (6.13)$$

$$19A \leq 34,8A \quad (6.14)$$

Quanto ao tempo de actuação da protecção contra curto-circuitos sabemos que este terá de ser inferior a 5seg e também inferior ao tempo de fadiga térmica do cabo.

Para isso teremos de calcular primeiro a corrente de curto-circuito mínima para este cabo, que neste caso, por ausência de neutro, será um curto-circuito fase-fase com uma diferença de potencial de 400V.

$$I_{cc \min} = \frac{0,95U_n}{1,5(R_{fase 20^\circ C} + R_{fase 20^\circ C})} \quad (A) \quad (6.15)$$

Sendo:

$U_n = 400V$ ; Para um curto-circuito fase-fase.

$\rho = 0,017241 \Omega \cdot mm^2/m$  ; resistividade do cobre

$L = 10m$  ; comprimento máximo previsto para o cabo

$S = 2,5mm^2$  ; secção escolhida dos condutores

$$R_{fase 20} = \frac{\rho \times L}{S} = \frac{0,017241 \times 10}{2,5} = 0,07\Omega$$

Então:

$$I_{cc \min} = \frac{0,95 \times 400}{1,5(0,07 + 0,07)} = 1810A \quad (6.16)$$

Quanto ao tempo de fadiga térmica do cabo, será dado por:

$$T_{ft} = \left( \frac{k \times S}{I_{cc \min}} \right)^2 \quad (seg) \quad (6.17)$$

Sendo:

$k = 115$  ; isolamento a pvc

$S = 2,5\text{mm}^2$  ; secção dos condutores

$I_{cc \min} = 1810\text{A}$

Então:

$$T_{ft} = \left( \frac{115 \times 2,5}{1810} \right)^2 = 0,025\text{seg} \quad (6.18)$$

Sendo assim o fusível a aplicar terá de ter uma curva característica que o permita disparar, para correntes de curto-circuito acima de 1810A, num tempo inferior a 0,025 seg.

Analisando figura seguinte, relativa à curva de funcionamento de um fusível cilíndrico do tipo aM, podemos ver que o fusível de 10A, para correntes acima de 300A, funde instantaneamente garantindo assim que o cabo nunca atinge a sua fadiga térmica.

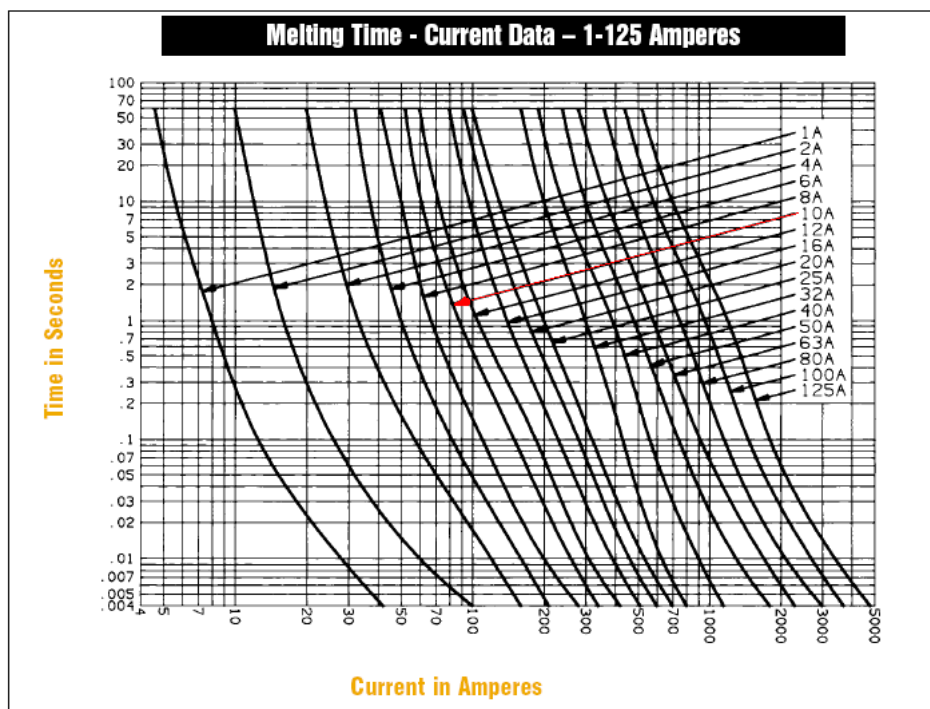


Figura 6.3 - Curva característica Tempo de fusão/Corrente dos fusíveis cilíndricos aM da Schneider Electric

Quanto às quedas de tensão, temos:

$$u = b \times \left( \frac{\rho l \times L}{S \times \cos \varphi + \lambda \times \sin \varphi} \right) \times Ib \quad (6.19)$$

e

$$\Delta u = \frac{100u}{U_0} \leq 5\% \quad (6.20)$$

Sendo:

$u$  ; queda de tensão no circuito

$\Delta u$  ; queda de tensão relativa , expressa em percentagem

$U_0$  ; tensão entre fase e neutro , expressa em volts

$b = 1$  ; coeficiente usado para circuitos trifásicos

$\rho l = 0,0225 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  ; resistividade do cobre à temperatura de serviço normal

$L = 10 \text{ m}$  ; comprimento da canalização

$S = 2,5 \text{ mm}^2$  ; secção dos condutores

$\cos \varphi = 0,8$  ,  $\sin \varphi = 0,6$  ; factor de potência aconselhado nas RTIEBT

$\lambda = 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$  ; reactância linear dos condutores, valor aconselhado nas RTIEBT

$I_b = 8,2 \text{ A}$  ; corrente de serviço

Então a queda de tensão no circuito de alimentação do motor 1 será de:

$$u = 1 \times \left( \frac{0,0225 \times 10}{2,5 \times 0,8 + 0,08 \times 0,6} \right) \times 8,2 = 1,32 \text{ V} \quad (6.21)$$

$$\Delta u = \frac{100 \times 1,32}{400} = 0,33\% < 5\% \quad (6.22)$$

Uma vez dimensionado o cabo e o fusível de protecção contra curto-circuitos, falta agora escolher um contactor para o comando de emergência e o relé térmico para a protecção do motor contra sobrecargas.

Quanto ao contactor, este terá de ser tripolar, normalizado para a tensão de 400V AC, com uma amplitude de corrente superior à corrente nominal do motor, 8,2A, e do tipo AC3, ou seja preparado para suportar as correntes de arranque do motor e para cortar o circuito com o motor em funcionamento.



Analisando o catálogo de equipamentos da Schneider Electric, na secção de Contactores Tripolares Comando em CA, podemos ver que para motores de 4 kW está indicado o uso de contactores de 9A, contudo a referência usada pela marca para o motor de 4kW indica uma corrente nominal de 8A, sendo que o nosso motor possui uma corrente nominal de 8,2A, por isso talvez seja mais seguro optar pela gama a seguir de 12A, sendo que a diferença do preço é mínima e a segurança assim é máxima.

Quanto ao relé térmico, RT1, de protecção do motor e variador contra sobrecargas, a escolha mais lógica será um relé térmico associado ao contactor, com uma gama de correntes limite com valores próximos do valor nominal do motor.

Mais uma vez consultando o catálogo da Schneider Electric, desta vez na secção de Relés Tripolares, podemos ver a existência de um relé para uma gama de valores entre 8A e 11,5A, sendo este o que melhor se adequa para garantir que o motor não trabalhe com valores de corrente acima do valor nominal por períodos considerados perigosos para os seus componentes.

#### 6.4.4 Alimentação do motor 2:

Sendo o motor 2 o motor da arrastadora, trata-se então de um motor com uma potência de 2,2kW e uma corrente nominal à plena carga de cerca de 4,9A.

Repetindo os passos realizados para o dimensionamento do circuito de alimentação do motor 1, sendo agora  $I_b = 4,9A$ , o calibre do fusível F2,  $I_n$ , será dado por:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (6.23)$$

e

$$I_2 \leq 1,45 I_z \quad ; I_2 \rightarrow \text{corrente convencional de funcionamento} \quad (6.24)$$

Analogamente ao circuito de alimentação do motor 1, este terá também a secção mínima permitida para este tipo de instalação, com condutores de 2,5mm<sup>2</sup>, sendo a corrente máxima admissível,  $I_z$ , igual a 24A, o que nos garante que o cabo estará também sobredimensionado.

Quanto ao calibre da protecção, neste caso, poderá ser de 6A o que terá uma corrente convencional de funcionamento,  $I_2$ , inferior a  $1,9I_n$ , ou seja 11,4A, o que respeita a condição pretendida.

$$4,9A \leq 6A \leq 24A \quad (6.25)$$

$$11,4A \leq 34,8A \quad (6.26)$$

Quanto ao tempo de actuação da protecção contra curto-circuitos, mais uma vez sabemos que este terá de ser inferior a 5seg e também inferior ao tempo de fadiga térmica do cabo.

Tal como para o dimensionamento de F1, temos de calcular o curto-circuito fase-fase com uma diferença de potencial de 400V.

$$I_{cc \min} = \frac{0,95U_n}{1,5(R_{fase20^\circ C} + R_{fase20^\circ C})} \quad (A) \quad (6.27)$$

Sendo:

$U_n = 400V$ ; Para um curto-circuito fase-fase.

$\rho = 0,017241 \Omega \cdot mm^2/m$  ; resistividade do cobre

$L = 10m$  ; comprimento máximo previsto para o cabo

$S = 2,5mm^2$  ; secção escolhida dos condutores

$$R_{fase20} = \frac{\rho \times L}{S} = \frac{0,017241 \times 10}{2,5} = 0,07\Omega$$

Então:

$$I_{cc \min} = \frac{0,95 \times 400}{1,5(0,07 + 0,07)} = 1810A \quad (6.28)$$

Quanto ao tempo de fadiga térmica do cabo, será dado por:

$$T_{ft} = \left( \frac{k \times S}{I_{cc \min}} \right)^2 \quad (seg) \quad (6.29)$$

Sendo:

$k = 115$  ; isolamento a pvc

$S = 2,5mm^2$  ; secção dos condutores

$I_{ccmin} = 1810A$

Então:

$$T_{ft} = \left( \frac{115 \times 2,5}{1810} \right)^2 = 0,025seg \quad (6.30)$$

O fusível a aplicar terá por isso de conseguir efectuar o corte do circuito para correntes de curto-circuito acima de 1810A, num tempo inferior a 0,025 seg.

Analisando a figura 6.3 relativa à curva de funcionamento de um fusível cilíndrico do tipo aM, podemos ver que o fusível de 6A, para correntes acima de 200A, funde instantaneamente garantindo assim que o cabo nunca atinge a sua fadiga térmica.

Quanto às quedas de tensão, temos:

$$u = b \times \left( \frac{\rho l \times L}{S \times \cos \varphi + \lambda \times \sin \varphi} \right) \times Ib \quad (6.31)$$

e

$$\Delta u = \frac{100u}{U0} \leq 5\% \quad (6.32)$$

Sendo:

u ; queda de tensão no circuito

$\Delta u$  ; queda de tensão relativa , expressa em percentagem

U0 ; tensão entre fase e neutro , expressa em volts

b = 1 ; coeficiente usado para circuitos trifásicos

$\rho l = 0,0225 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  ; resistividade do cobre à temperatura de serviço normal

L = 10 m; comprimento da canalização

S = 2,5mm<sup>2</sup> ; secção dos condutores

$\cos \varphi = 0,8$  ,  $\sin \varphi = 0,6$  ; factor de potência aconselhado nas RTIEBT

$\lambda = 0,08 \text{m}\Omega/\text{m}$  ; reactância linear dos condutores, valor aconselhado nas RTIEBT

Ib = 4,9A ; corrente de serviço

Então a queda de tensão no circuito de alimentação do motor 2 será de:

$$u = 1 \times \left( \frac{0,0225 \times 10}{2,5 \times 0,8 + 0,08 \times 0,6} \right) \times 4,9 = 0,79V \quad (6.33)$$

$$\Delta u = \frac{100 \times 0,79}{400} = 0,20\% < 5\% \quad (6.34)$$

Falta agora escolher o contactor para o comando de emergência e o relé térmico para a protecção deste motor contra sobrecargas.

Quanto ao contactor, tal como KM1, KM2 terá também de ser tripolar, normalizado para a tensão de 400V AC, do tipo AC3, mas com a capacidade de operar para um valor acima dos 4,9A estipulados para o motor 2.

Recorrendo novamente ao catálogo de equipamentos da Schneider Electric, na secção de Contactores Tripolares Comando em CA, podemos ver que para motores de 2,2 kW está indicado o uso de contactores de 6A, sendo que pelos mesmos motivos enunciados na escolha de KM1, talvez seja mais indicado optarmos aqui também pela gama a seguir, de 9A, cuja diferença de preço é praticamente inexistente.

Quanto ao relé térmico, RT2, de protecção do motor e variador contra sobrecargas, mais uma vez a escolha será um relé térmico associado ao contactor, mas com uma amplitude de limitação de corrente próxima dos 4,9<sup>a</sup>.

Mais uma vez consultando o catálogo da Schneider Electric, desta vez na secção de Relés Tripolares, podemos ver a existência de um relé para uma gama de valores entre 3,7A e 5,8A, sendo este o que melhor se adequa para garantir a protecção térmica deste motor.

#### **6.4.5 Alimentação do transformador:**

Quanto ao circuito de alimentação do transformador de potência, para ligação da consola e sensores, uma vez que estamos a falar de uma intensidade de corrente reduzida, inferior a 5 amperes, o mais indicado será utilizar um disjuntor-magnetotérmico bipolar simples de apenas 6A, o que já garante a protecção contra-curtocircuitos e contra sobrecargas, limitando assim a corrente de funcionamento a 6A e garantindo a protecção do transformador.

Para este caso os condutores poderão ser de 1,5mm<sup>2</sup>, sendo que a corrente máxima admissível, I<sub>z</sub>, será se 17,5A.

Condição a cumprir:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (6.35)$$

Pelo que se verifica:

$$5A \leq 6A \leq 17,5A \quad (6.36)$$

Relativamente ao tempo de actuação da protecção e às quedas de tensão, tal como as protecções calculadas anteriormente, esta cumpre também os requisitos exigidos pelas regras técnicas.

## 6.5 Resumo do circuito de potência dimensionado:

Após dimensionado todo o circuito, podemos então ver novamente o esquema geral unifilar do circuito de potência mas agora actualizado com os valores calculados:

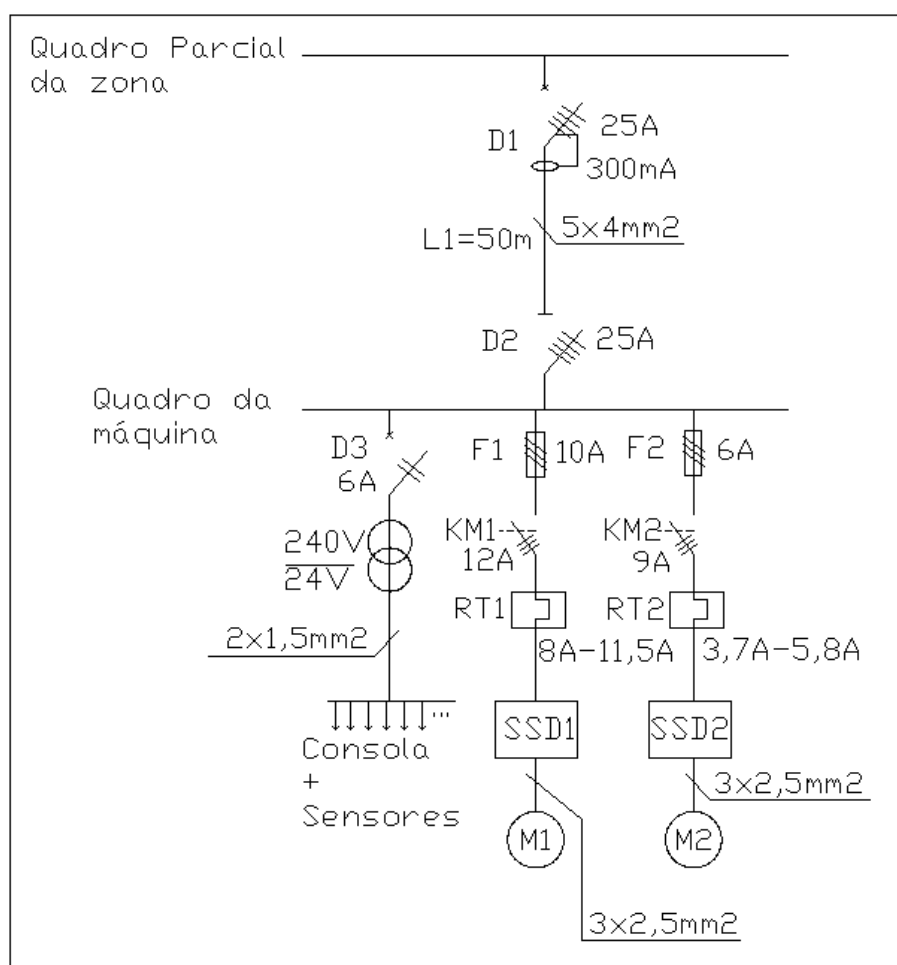


Figura 6.4 - Esquema geral unifilar do circuito de potência actualizado

Legenda:

D1 – Disjuntor tetrapolar de 25A com protecção diferencial de 300mA

L1 – Linha de alimentação entre quadros com 5 condutores de 4mm²

D2 – Interruptor tetrapolar de 25A

D3 – Disjuntor bipolar de 6A.

F1 – Fusível cilíndrico aM tripolar de 10A.

KM1 – Contactor Tripolar de 12A.

RT1 – Relé Térmico associado ao contactor, com ajuste de corrente entre 8A e 11,5A.

SSD1 – Variador de Velocidade

M1 – Motor 1

F2 – Fusível cilíndrico aM tripolar de 6A.

KM2 – Contactor Tripolar de 9A.

RT2 – Relé Térmico associado ao contactor, com regulação de corrente entre 3,7A-5,8A.

SSD2 – Variador de Velocidade

M2 – Motor 2

# Capítulo 7

## 7 Programação do Sistema de Controlo

### ***7.1 Introdução:***

Uma vez definidos os aparelhos a utilizar para o sistema de controlo, chega agora a altura de os preparar para desempenhar o tão importante papel para que serão destinados.

Para isso terá que ser pensada uma interface gráfica com programação, a aplicar na consola de comando com a qual o operador irá interagir, que seja capaz de comunicar com os variadores e consequentemente com os motores, colocando-os assim a desempenhar o funcionamento pretendido e informando o operador a todo o instante de todos os acontecimentos importantes para o funcionamento da máquina.

### ***7.2 Estrutura da Interface gráfica:***

Tal como definido na análise de requisitos inicial, pretende-se que todo o comando e monitorização sobre o sistema seja feito através de uma consola principal montada na bancada de comando onde irá estar o operador da máquina.

Para que seja possível o operador seleccionar e introduzir as opções pretendidas, será naturalmente necessário que a consola disponha de uma interface gráfica, de fácil entendimento, com todos os menus necessários para o comando e monitorização do funcionamento da máquina.

Assim sendo, teremos que dispor de um menu principal de entrada de onde o operar partirá sempre que iniciar o sistema, ou seja, sempre que ligar a máquina, no monitor irá aparecer esse menu principal, a partir do qual o operador poderá então efectuar as suas opções.

Por razões de segurança, esse menu conterá um sistema de autenticação, no qual o operador terá que efectuar o seu log in no sistema, sem o qual o acesso aos restantes menus estará interdito, desta forma garante-se que apenas operadores autorizados poderão manobrar este equipamento.

Após realizada a autenticação no sistema, o operador poderá então aceder aos menus operacionais da máquina, ora para executar um produto ora para realizar uma acção de manutenção.

Se então optar pela execução de um produto, a consola irá encaminhar o operador através dos menus necessários para o enrançamento do produto pretendido.

Partindo do principio que o operador ao iniciar o enrançamento de um tipo de alça já sabe à partida qual o passo de enrançamento pretendido para esse tipo de produto e por isso será também capaz de a colocar na posição correcta para o inicio do enrançamento, então, ao optar pela opção executar produto, no menu principal, será enviado para um menu de ajuda à colocação da alça na sua posição inicial, ou seja um menu no qual o operador será capaz de mover os dois motores independentemente a uma velocidade reduzida de forma a conseguir facilmente roda-los e ajusta-los assim à posição pretendida.

Estando então a alça colocada em posição, o operador deverá prosseguir para o menu onde define as variáveis iniciais para o produto que pretende laborar, ou seja, define a velocidade do enrançamento, o passo e a distância pretendida a enrançar.

Assim que definidas as variáveis, passará então para o menu de Produto em Execução, no qual confirmará os valores e dará inicio ao processo de fabrico, neste menu será possível acompanhar em tempo real as modificações ocorridas nas variáveis do sistema, tais como velocidades dos motores, passo de enrançamento e distância que falta enrançar.

Em qualquer altura, durante o funcionamento da máquina, o operador, caso veja ser necessário, poderá ajustar as variáveis que introduziu de forma a garantir o cumprimento dos parâmetros de qualidade pretendidos.

Logo que atingida a distância de enrançamento indicada, a máquina irá parar, aparecendo então a indicação de produto terminado na consola, permitindo ao operador voltar ao início para executar novo produto se assim o desejar.

Se por ventura, durante o funcionamento da máquina, alguma anomalia for detectada pelos sensores, então nesse caso a máquina irá parar, e na consola aparecerá a informação de avaria ocorrida e a consola seguirá para um menu específico para resolução do erro, no qual o operador poderá ver qual o tipo de avaria ocorrida e proceder à sua correcção, sendo que no final da avaria corrigida poderá voltar novamente ao menu de produto em execução de forma a continuar o processo anteriormente parado.

Na figura seguinte é possível visualizar o esquema de transição entre os menus existentes.



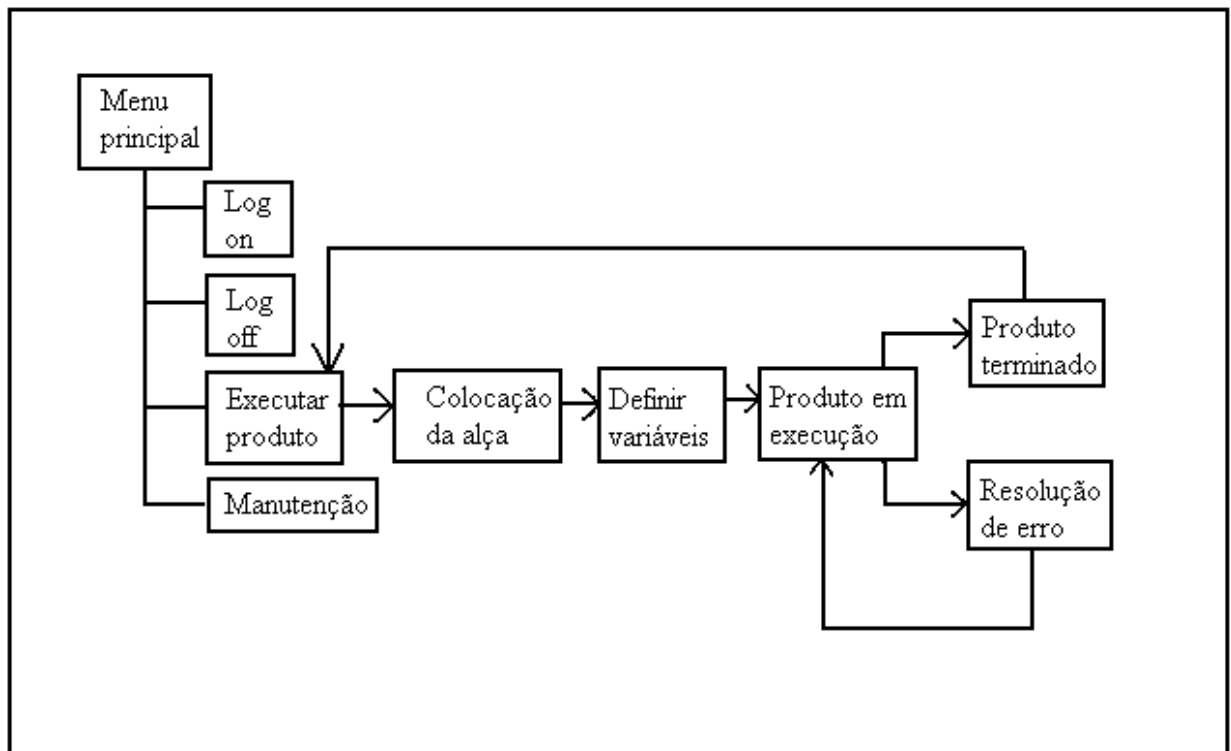


Figura 7.1 - Esquema de transição entre menus

### 7.3 Programação:

Tendo então a interface gráfica pensada e as comunicações estabelecidas, resta agora proceder à parte fundamental para que o sistema funcione, isto é, à programação dos aparelhos, de forma a torna-los capazes de realizar as tarefas para que foram pensados.

Como é sabido, pretende-se que este sistema, seja capaz de interpretar as variáveis inseridas pelo operador, nomeadamente a velocidade de entrançamento e do passo, e que a partir destas variáveis consiga automaticamente determinar qual terá de ser a velocidade imposta na arrastadora para que o passo seja garantido, cumprindo assim com as especificações exigidas para o produto a laborar.

Ora para que seja possível efectuar a programação do sistema nesse sentido, falta primeiro definir exactamente como terá de ser a relação entre as velocidades dos motores e o passo para que se possa definir uma função para a velocidade da arrastadora em ordem à velocidade de entrançamento e do passo pretendido.

### 7.3.1 Definição das variáveis:

Com vista então a definir essa relação, será necessário voltar a relembrar a estrutura mecânica das máquinas existentes assim como o seu funcionamento geral, tendo em conta o processo de fabrico em questão.

Ou seja, sabemos então que temos uma máquina contendo 18 rodas dentadas por onde passarão as bobines com os fios a entrançar.

Uma vez que as bobines apenas precisam de meia volta de uma roda para serem passadas para a roda seguinte então serão precisas 9 voltas completas dadas pelas rodas dentadas para que a bobine dê uma volta completa à máquina.

Sabendo que o motor possuirá um eixo redutor ligado entre si e o veio da máquina, então a velocidade imposta pelo motor à máquina de entrançar, será dada pela velocidade do motor a multiplicar pelo factor de redução do eixo redutor:

$$V_{veio1} = VM1 \times \frac{1}{s1} \quad (RPM) \quad (7.1)$$

Tendo em conta que para a bobine dar uma volta terão que ser dadas 9 voltas no veio, ou seja a velocidade da bobine será dada pela velocidade do veio a dividir por 9, pelo que podemos assim obter a velocidade da bobine,  $V_b$ , em função da velocidade do motor 1,  $VM1$ :

$$V_b = \frac{V_{veio1}}{9} = \frac{VM1}{s1 \times 9} \quad (RPM) \quad (7.2)$$

Analisando agora a outra máquina, sabemos que o motor 2 terá também um eixo redutor entre si e o veio da máquina de arrastar, logo a velocidade no veio da máquina de arrastar,  $V_{veio2}$ , será:

$$V_{veio2} = VM2 \times \frac{1}{s2} \quad (RPM) \quad (7.3)$$

Contudo para este caso interessa-nos mais saber a velocidade linear de arrastamento, ou seja, saber qual o avanço em milímetros dado pela máquina por volta no veio principal para então poder relacionar esse avanço com a velocidade do motor 2.

Para obter esse avanço linear por volta, uma vez que a máquina não possui detalhes técnicos que o possam indicar, foram realizados ensaios na própria fábrica, fazendo rodar o veio

principal X voltas e analisando o avanço dado dividindo-o então novamente por X para obter o avanço por volta.

Este ensaio foi repetido 3 vezes para tentar diminuir ao máximo o erro nesta medição.

No final das 3 vezes e fazendo uma média dos valores obtidos, chegou-se à conclusão de que por cada volta dada no eixo principal a máquina dará um avanço de 22mm.

Assim sendo, então a velocidade linear da arrastadora,  $V_{la}$ , em função da velocidade angular será dada por:

$$V_{la} = \frac{VM2}{s2} \times 22 \quad (mmPM) \quad (7.4)$$

Tendo já obtido a velocidade das bobines a volta da entrançadora em função do motor 1 e a velocidade de arrastamento em função do motor 2, falta apenas relaciona-las com o passo de entrançamento.

Tal como foi definido, o passo de entrançamento determinará o avanço que a arrastadora tem de dar por cada volta completa de uma bobine em torno da máquina de entrançar, ou seja então a velocidade de arrastamento será dada pelo passo em a multiplicar pela velocidade das bobines em torno da entrançadora:

$$V_{la} = P \times V_b \quad (mmPM) \quad (7.5)$$

Substituindo as variáveis  $V_{la}$  e  $V_b$  pelas suas funções contendo a velocidade de cada motor teremos então:

$$\frac{VM2}{s2} \times 22 = P \frac{VM1}{9 \times s1} \quad (7.6)$$

Resolvendo em ordem ao passo sabemos que o passo será dado por:

$$P = \frac{VM2 \times 22}{s2} \times \frac{9 \times s1}{VM1} \quad (mm) \quad (7.8)$$

Sabendo que os eixos redutores já se encontram na fábrica e possuem os seguintes valores de redução:

$$s1 = 28$$

$$s2 = 45$$

E que as velocidades nominais dos motores são:

$$VM1 = 1435 \text{ RPM}$$

$$VM2 = 1410 \text{ RPM}$$

Assumindo que ambos terão como velocidade máxima a sua velocidade nominal, podemos então começar por determinar o passo que se obtém para o funcionamento dos dois motores a essa velocidade.

$$P = \frac{1410 \times 22}{45} \times \frac{9 \times 28}{1435} = 127 \text{ mm} \quad (7.9)$$

Uma vez que pretendemos obter passos de aproximadamente 50 mm e até pelo menos 200mm teremos então que fazer variar as velocidades dos motores de forma a chegar a esses valores, ou seja, para chegarmos perto dos 50 mm de passo teremos que manter a velocidade de VM1 no seu valor nominal e diminuir a velocidade de VM2 até pouco menos 50% da sua velocidade nominal, cerca de 600 RPM.

$$P = \frac{600 \times 22}{45} \times \frac{9 \times 28}{1435} = 51 \text{ mm} \quad (7.10)$$

Se quisermos chegar a passos superiores a 127mm teremos que fixar a velocidade VM2 no seu valor nominal e então baixar a velocidade VM1, que poderá ir também até valores de cerca de 50% da sua velocidade nominal, ou seja, se colocarmos VM1 em por exemplo 700RPM teremos um passo de:

$$P = \frac{1410 \times 22}{45} \times \frac{9 \times 28}{700} = 248 \text{ mm} \quad (7.11)$$

Assim sendo surge então aqui um problema para a programação da máquina, pois inicialmente previa-se que o operador introduzisse a velocidade para o motor da entrançadora e o passo pretendido e a partir daí o programa fosse capaz de calcular a velocidade para o motor da arrastadora, contudo podemos verificar, pelos cálculos, que estamos perante um problema de limites de velocidade nos motores, ou seja, consoante o valor de passo, os motores terão de assumir valores de velocidade que muitas vezes estará limitado superior ou inferiormente pela sua capacidade, o que torna difícil a escolha da velocidade pretendida pelo operador para o motor da entrançadora, uma vez que se não for a escolha correcta poderá exigir ao outro motor uma velocidade que ele não é capaz de garantir.

Para resolução desse problema será então melhor definir uma relação otimizada entre as velocidades dos motores e o passo pretendido.

Na figura seguinte podemos ver como terão de variar essas velocidades em função do passo escolhido:

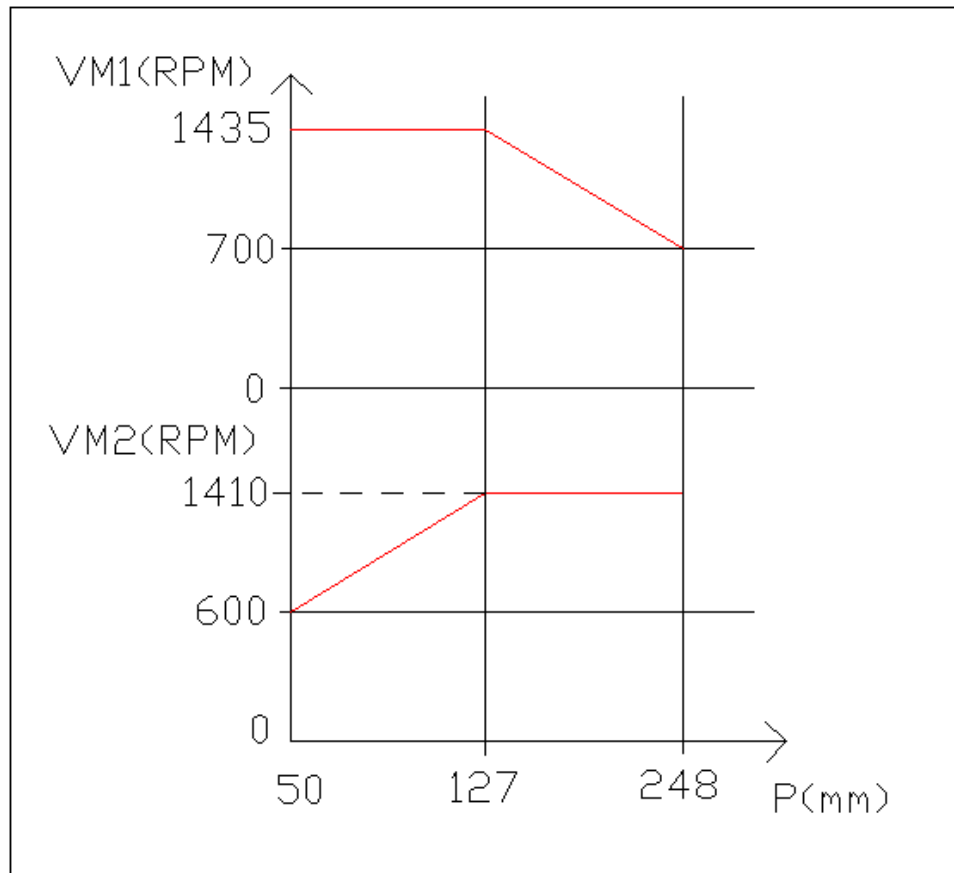


Figura 7.2 - Variação das velocidades dos motores em função do passo de entranchamento.

Tal como podemos verificar, teremos dois lados distintos de funcionamento, ou seja passos inferiores a 127mm e passos superiores a 127mm, sendo que para passos inferiores o motor M1 terá de rodar à sua velocidade nominal e o motor M2 à velocidade imposta pela equação:

$$VM2 = \frac{P \times VM1 \times s2}{9 \times s1 \times 22} \quad (RPM) \quad (7.12)$$

Sendo:

$$VM1 = 1435 \text{ RPM}$$

$$P < 127 \text{ mm}$$

$$s2 = 45$$

$$s1 = 28$$

E para passos superiores a 127mm, então o motor M2 terá de rodar à sua velocidade nominal e o motor M1 terá de ter uma velocidade imposta pela equação:

$$VM1 = \frac{VM2 \times s1 \times 22 \times 9}{P \times s2} \quad (RPM) \quad (7.13)$$

Sendo:

VM2 = 1410 RPM

P > 127 mm

s2 = 45

s1 = 28

A utilização dos redutores existentes em stock na fábrica causará o inconveniente de que para passos acima de 127mm a velocidade do motor 1, de accionamento da entrançadora, terá que diminuir, o que provocará uma diminuição também no rendimento produtivo da máquina.

No entanto dentro da gama de produtos pretendida, a fatia mais significativa encontra-se a baixo dos 127mm, a par disso este processo também não é considerado decisivo para a produtividade da empresa, pelo que essa redução de velocidade não causará nenhuma perda significativa.

Se de facto a manutenção da produtividade neste processo fosse de extrema importância, a solução também seria simples, bastaria trocar o redutor s2 de 45 por um redutor próximo de 25 e aí já conseguiríamos manter a velocidade do motor 1 sempre a rodar a 1435 RPM, tendo que o motor 2, para garantir os passos de 50mm até 200mm, apenas variar a sua velocidade entre aproximadamente 300RPM e 1410RPM, sendo perfeitamente possível visto estar a ser controlado em malha fechada coma utilização de encoder.

Esta solução para além da vantagem relativa à produtividade teria também vantagens no que diz respeito à programação tornando-a assim mais simplificada.

### 7.3.2 Programação dos variadores:

Para a programação dos variadores foi usado o programa fornecido gratuitamente pela marca, chamado DSE-Lite, no qual é possível, através de comunicação por porta série entre os variadores e um computador, visualizar e editar todos os blocos de controlo desses aparelhos, realizando assim as ligações pretendidas entre os sinais de entrada e os sinais de saída para comando dos motores.

Na figura seguinte podemos ver um exemplo de um dos principais blocos de controlo acessíveis no programa para o comando dos variadores:

Sequencing Logic		
	TRIPPED [289]	FALSE
	RUNNING [285]	FALSE
	JOGGING [302]	FALSE
	STOPPING [303]	FALSE
	OUTPUT CONTACTOR [286]	FALSE
	SWITCH ON ENABLE [288]	FALSE
	SWITCHED ON [306]	FALSE
	READY [287]	FALSE
	SYSTEM RESET [305]	FALSE
	SEQUENCER STATE [301]	START DISABLED
	REMOTE REV OUT [296]	FALSE
	HEALTHY [274]	TRUE
	FAN RUNNING [620]	FALSE
0.000s	[1686] START DELAY	
FALSE	[291] RUN FORWARD	
FALSE	[292] RUN REVERSE	
FALSE	[293] NOT STOP	
FALSE	[280] JOG	
TRUE	[1235] CONTACTOR CLOSED	
TRUE	[276] DRIVE ENABLE	
TRUE	[277] NOT FAST STOP	
TRUE	[278] NOT COAST STOP	
FALSE	[294] REMOTE REVERSE	
FALSE	[282] REM TRIP RESET	
TRUE	[290] TRIP RST BY RUN	
FALSE	[283] POWER UP START	

Figura 7.3 - Exemplo de um bloco de comando dos variadores

Tal como se pode ver pela imagem anterior, cada parâmetro dentro de cada bloco possui um número específico que corresponde ao seu endereço.

A partir desse endereço é possível aceder aos valores de cada parâmetro quer para leitura quer para escrita, permitindo assim comandar e monitorizar todo o sistema através da consola táctil.

Para este bloco por exemplo, os parâmetros Run Forward, Run Reverse e Not Stop serão comandados pela consola.

Outra das maneiras de comandar o sistema é pela utilização das entradas e saídas, digitais ou analógicas, quer provenientes de sensores ou de qualquer um dos variadores entre si.

Na figura seguinte podemos ver um exemplo de parte de um dos esquemas de ligações, neste caso do variador 690+.

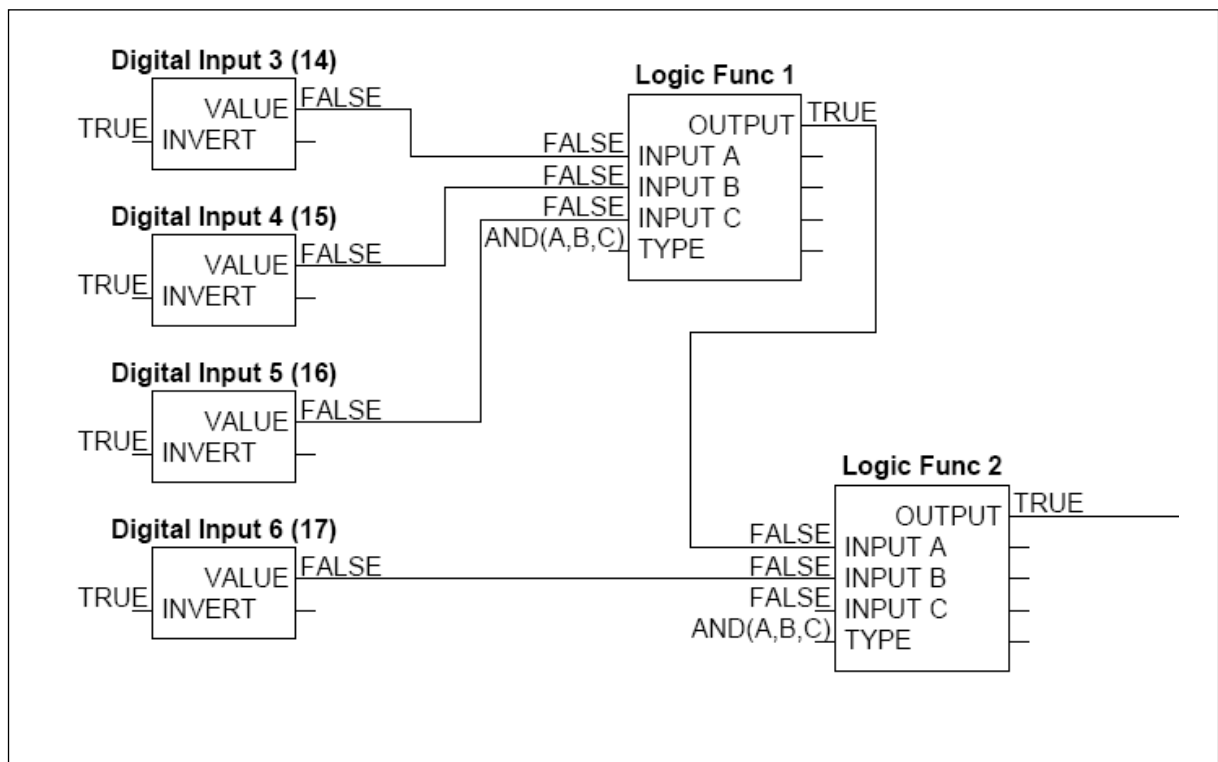


Figura 7.4 - Exemplo de uma parte do esquema de ligações entre blocos

Neste exemplo é possível vermos 4 sinais digitais de entrada, provenientes dos 4 circuitos de sensores de anomalia existentes, esses sinais são então agregados a uma função lógica do tipo AND, cuja saída estará ligada a um comando de paragem de emergência que ao ser colocado em True, irá automaticamente parar a máquina.

Na figura aparece a saída das funções lógicas a True, contudo é apenas porque não está a ser corrido o programa, caso contrário uma vez que as entradas estão todas a False, naturalmente que as saídas também estarão a False, ou seja, se algum dos circuitos dos sensores for interrompido, detectando uma anomalia, a entrada digital respectiva passará a True, pois está invertida relativamente ao sensor, o que fará com que a saída das funções lógicas passe também a True, parando de imediato as máquinas.

Relativamente à relação de velocidades entre os variadores, no que diz respeito à variação do passo, foi resolvido da seguinte maneira:



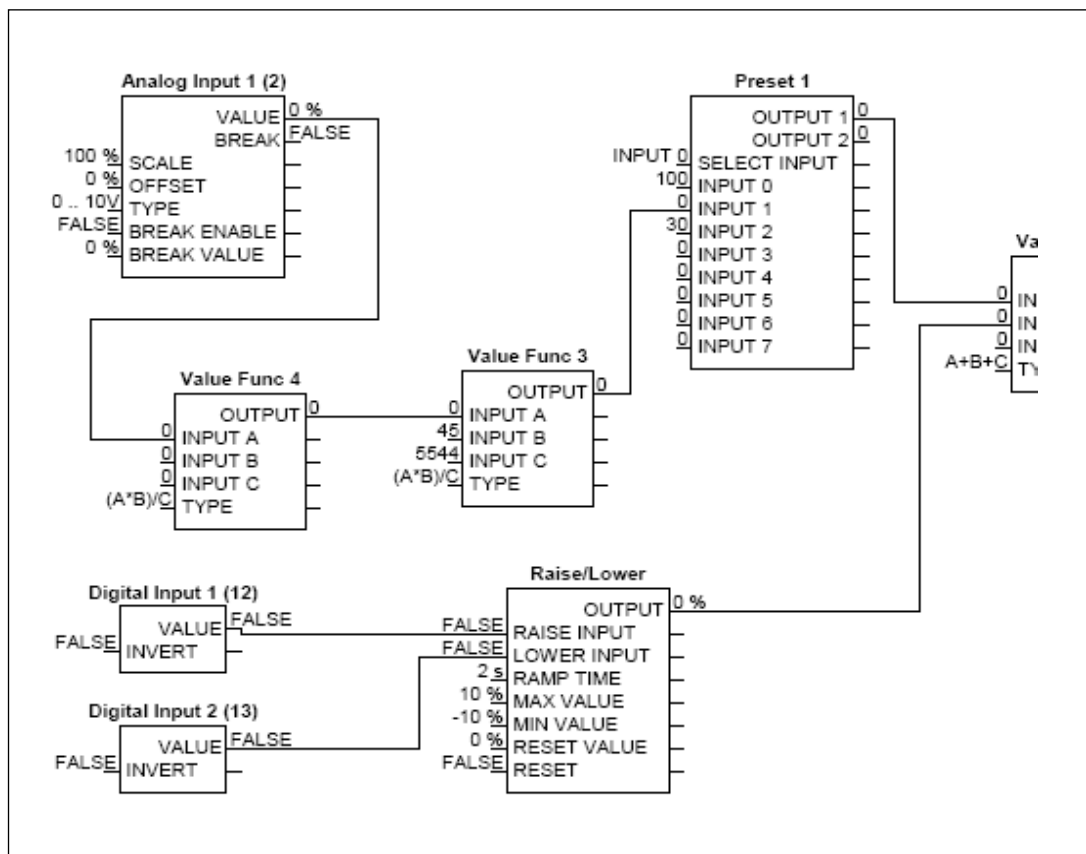


Figura 7.5 - Esquema de selecção de velocidade para o motor 2, variador 690+

Tal como podemos ver, o bloco Preset 1 terá o papel de selector para 3 tipos de funcionamento da máquina, ou seja, para valores de passo abaixo de 127mm, tal como vimos anteriormente, a velocidade do motor dois será dada pela equação nº (7.12) pelo que no bloco Preset1 será escolhido o input 1, indo então buscar o valor dado pela função pretendida e realizada com os blocos value func 3 e 4.

De notar que o Analog Input 1 receberá o sinal vindo do Analog Output 1 do outro motor que por sua vez será multiplicado pelo passo, passo este que será introduzido, pelo programa da consola, no parâmetro input B do value func 4.

Neste esquema é possível visualizar ainda os dois sensores de ajuste do passo de entrançamento, que serão ligados ao digital input 1 e digital input 2, realizando assim uma aumento ou diminuição da velocidade da arrastadora de até 10% da velocidade nominal, permitindo assim o ajuste do passo se necessário.

Caso estejamos perante um passo superior a 127mm, então no Preset 1 será escolhido o input 0 e o motor 2 rodará à sua velocidade nominal, sendo que o analogic output 1 deste variador desta vez estará ligado ao analogic input 1 do variador do motor 1 que por sua vez irá realizar o mesmo processo que vimos para o caso anterior, estando agora a velocidade do motor 1 sujeita ao cumprimento da equação nº (7.13).

Existe ainda uma terceira opção no bloco Preset 1 que servirá para colocar a máquina a rodar a uma baixa velocidade, para efeitos de manutenção, ajuste da posição da alça ou até mesmo correcção de anomalias.

Assim como era pretendido será também necessário que o sistema seja capaz de controlar o comprimento da alça, parando assim automaticamente quando o comprimento correspondente à distância pretendida pelo operador para aquele produto.

Para isso o variador 690+ dispõe de um bloco chamado Home, onde podemos determinar a distância que pretendemos e assim que ele atingir essa distância, executará a paragem da máquina dando a informação que o objectivo foi concluído.

Na figura seguinte podemos ver que a velocidade de set point estabelecido para o motor 2 entrará no Input do bloco Home, saindo depois pelo Output em direcção ao bloco de determinação da velocidade imposta ao motor.

No parâmetro Distance do bloco Home colocaremos a distância pretendida a percorrer, e assim que for iniciado o processo de fabrico, o parâmetro Enable será colocado a True, sendo que a partir dessa altura o variador irá contar a distância percorrida até atingir a distância colocada no parâmetro Distance, momento esse em que parará o motor e passará o parâmetro Done para True.

Uma vez que este bloco apenas pára o motor M2, e tal como é demonstrado na tabela 5.1, foi necessário ligar o parâmetro Done a uma saída digital, de forma a liga-lo posteriormente a uma entrada digital no outro variador, garantindo assim que será dado o sinal de paragem para o outro motor também.

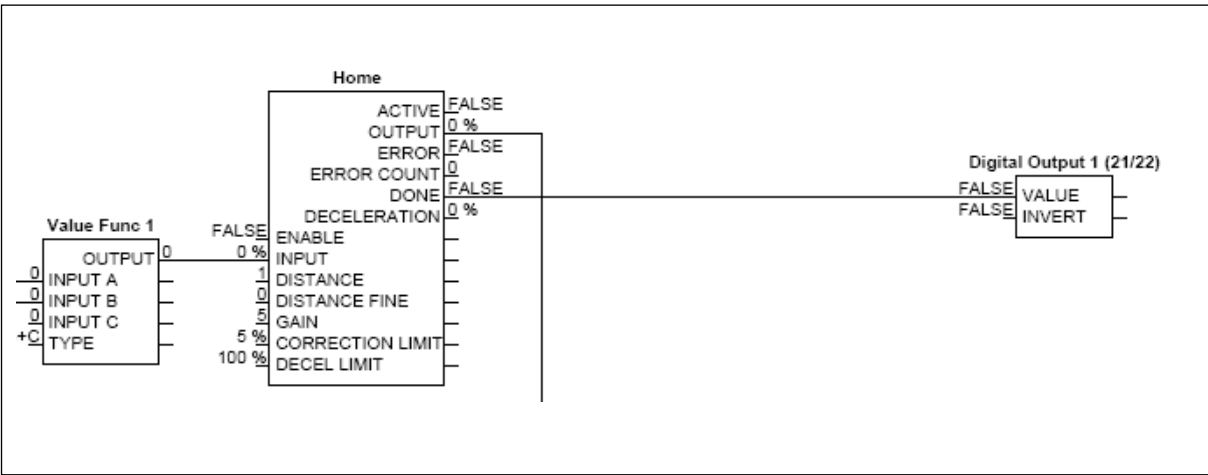


Figura 7.6 - Esquema de controlo da distância percorrida.

Outros blocos talvez também importantes de realçar, talvez sejam os blocos sobre os detalhes técnicos e de protecção do motor.

Temos então por exemplo o bloco Motor Data, onde iremos inserir as informações técnicas do motor a utilizar, sendo que algumas das informações o próprio variador determinará quando for realizado o AutoTune, bloco de sincronização entre o variador e o motor, no qual o variador irá testar o motor obtendo assim toda a informação necessária sobre os seus componentes técnicos.

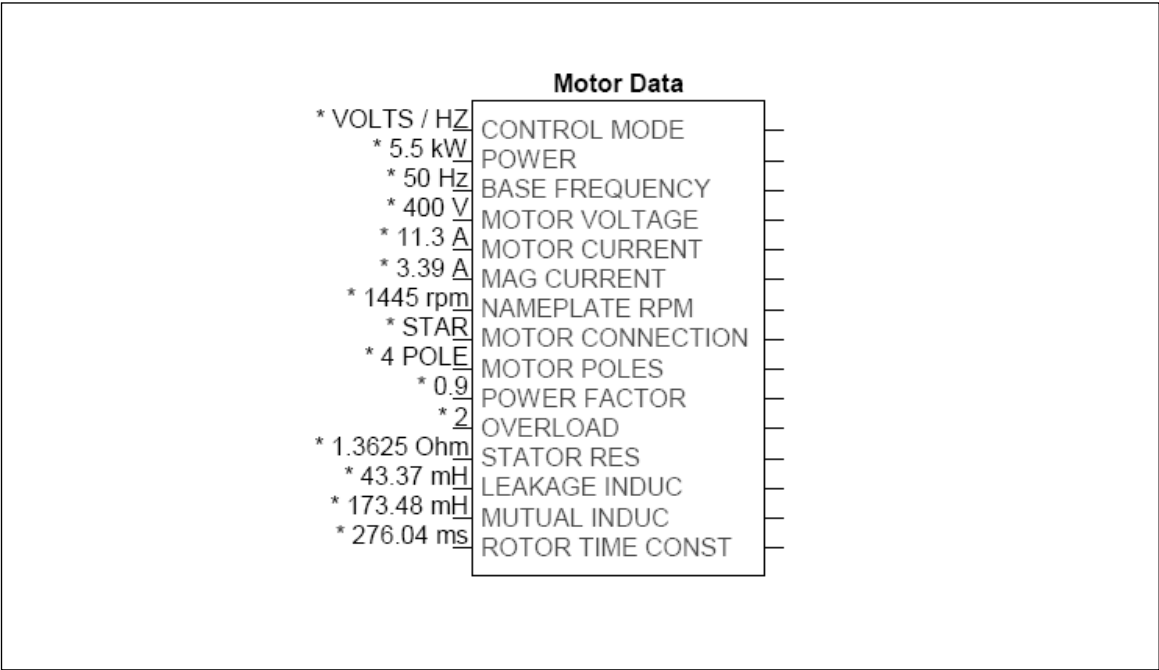


Figura 7.7 - Bloco de informação técnica do motor.

Temos também o bloco de protecção do motor, que será responsável pela limitação do valor de corrente, protegendo-o assim de possíveis sobreaquecimentos excessivos.

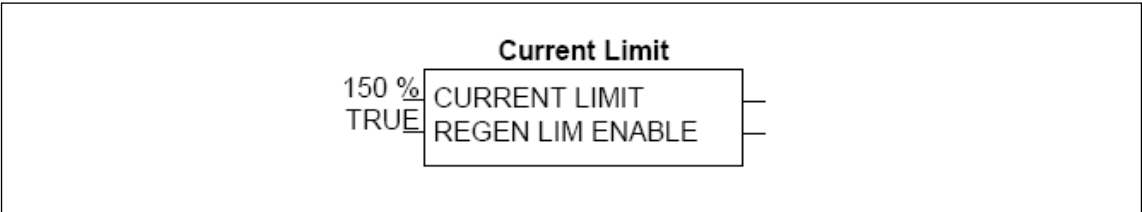


Figura 7.8 - Bloco de limitação de corrente.

E por fim, mas não menos importante, temos por exemplo os blocos de selecção do modo de comunicação para permitir a ligação por RS485 em protocolo ModBus com a consola HMI.

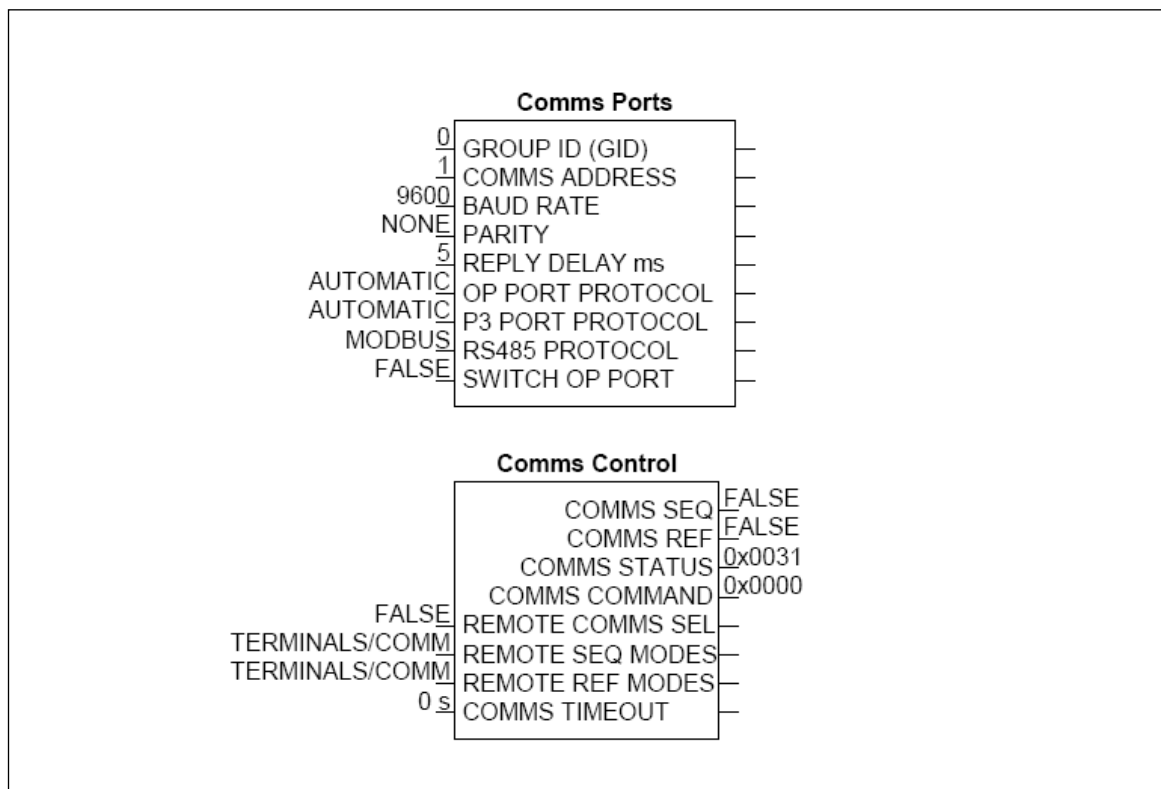


Figura 7.9 - Blocos de configuração das comunicações.

Existem naturalmente muitos outros blocos importantes na programação dos variadores, no entanto esses poderão ser visualizados nos anexos, nas folhas técnicas contendo os diagramas de programação dos variadores.

### 7.3.3 Programação da consola:

Tendo então já uma interface gráfica idealizada e os variadores programados e prontos a receber ordens, poderemos então passar para a programação da consola que terá um papel fundamental na operação da máquina.

#### 7.3.3.1 Software:

A consola escolhida vem fornecida com um software gratuito, também de entendimento relativamente acessível, contudo dispõem de um manual bastante extenso e por vezes um pouco ambíguo sobre diversos temas, sendo que para a programação da consola tive muitas vezes a necessidade de comunicar com a assistência técnica da marca, com o Mr. Simon Clark da Parker – SSD drives em Londres, que me deu uma ajuda importante para a resolução de alguns problemas que foram surgindo.

O software em questão apresenta-se tal como mostra a seguinte figura, sendo dividido por sete temas fundamentais, as comunicações, as data tags para definição de variáveis, a user interface para realização da parte gráfica, a parte de programação, a parte de registo de valores ou gráficos de evolução, a parte de interligação com um servidor de Internet e o security manager para o controlo de acessos.

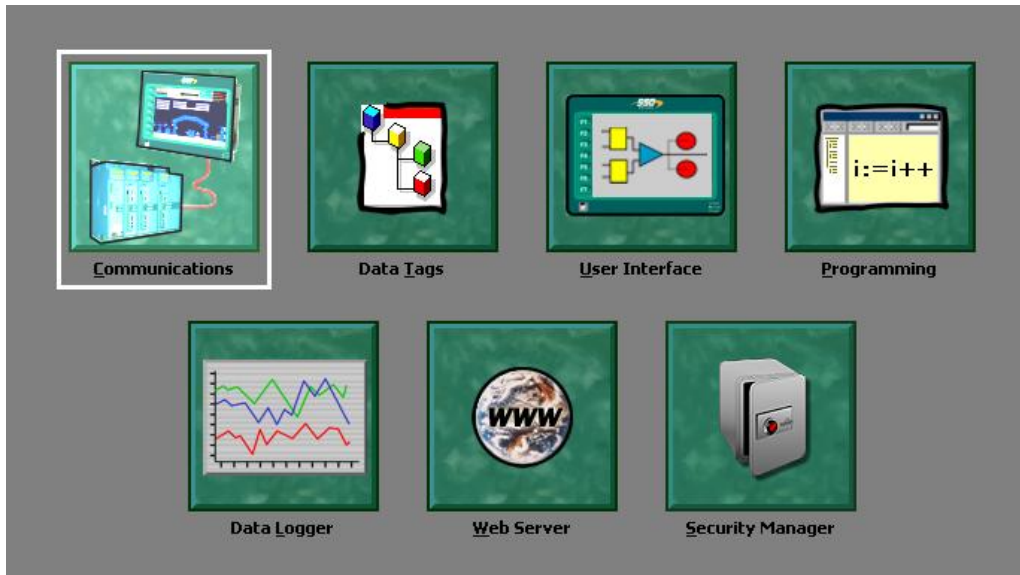


Figura 7.10 - Vista geral do software da consola HMI TS8000

Destes sete, dois não foram utilizados neste caso, pois não havia interesse por parte da empresa no registo de valores ou gráficos nem de interligação da máquina com um servidor de Internet.

#### **7.3.3.2 Comunicações:**

Dos restantes podemos começar talvez pelas comunicações.

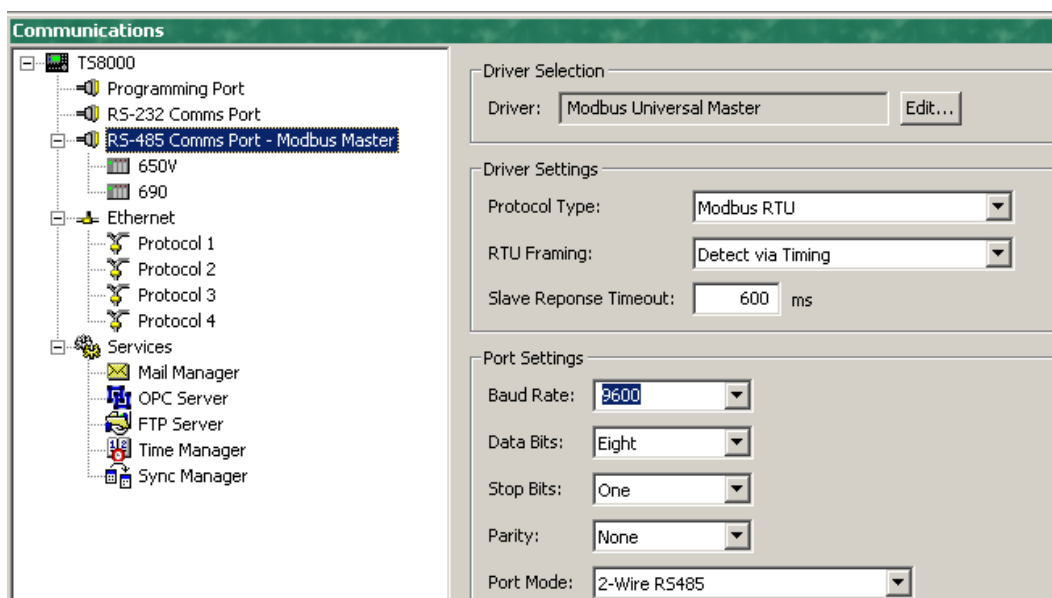


Figura 7.11 - Vista da janela de configuração das comunicações – Communications

Neste menu foi possível configurar as comunicações entre a consola e os variadores.

Foi escolhido o protocolo MODBUS com ligação por RS485 a dois fios, que foi realizada entre a saída de RS485 da consola e a techbox de comunicação conectada nos variadores.

Tal como podemos ver pela imagem, já se encontram ligados os dois aparelhos à consola, o variador 650V e o variador 690+, na imagem não é possível ver o sinal + apenas porque não é permitido escrever símbolos no nome do aparelho.

#### 7.3.3.4 Variáveis:

Uma vez concluídas as comunicações podemos então passar para o menu de configuração das variáveis que pretendemos alterar ou visualizar no monitor.

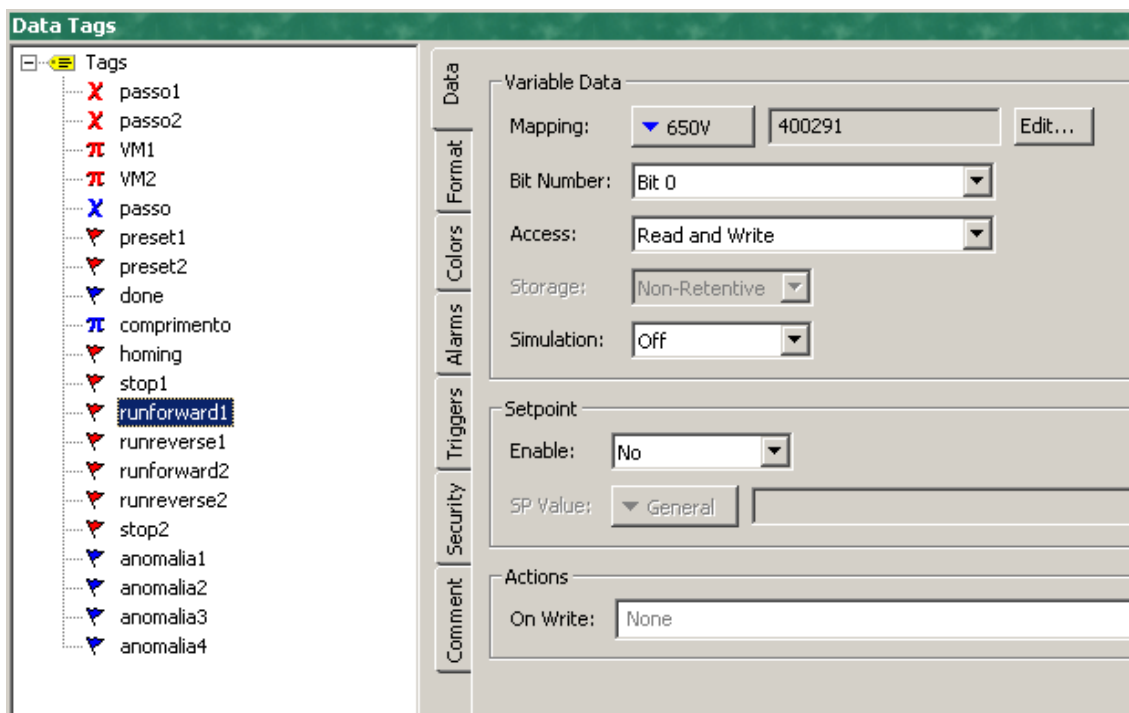


Figura 7.12 - Vista do menu de configuração das variáveis – Data Tags

Tal como podemos verificar, nas definições de cada variável é possível configurar a opção de mapping, sendo assim possível endereçar cada uma das variáveis a um parâmetro existente num qualquer bloco de um dos variadores.

Neste exemplo podemos ver a variável do tipo flag, true or false, runforward1 que está endereçada ao parâmetro número 291 do variador 650V, ora esse parâmetro é nada mais nada menos que o comando de runforward do bloco Sequencing Logic do variador e tal como podemos visualizar, está escolhido o tipo de acesso read and write, o que nos permite alterar e visualizar, em tempo real, esse parâmetro a partir da consola.

Quanto às variáveis criadas, temos por exemplo, as de passo1 e passo2 que dizem respeito respectivamente ao parâmetro onde será colocado o passo em cada um dos variadores, uma vez que não é possível endereçar uma variável a mais do que um parâmetro foi necessário criar estas duas e uma terceira chamada passo que será onde o operador irá introduzir o valor que pretende, em seguida o programa irá copiar essa variável para as outras duas colocando em cada um dos variadores o valor do passo pretendido.

As variáveis VM1 e VM2 dizem respeito à velocidade de cada motor em RPM, para que seja possível a sua monitorização durante o processo de fabrico.

As variáveis Preset1 e Preset 2 estão endereçadas à escolha do input nos blocos Preset de cada variador, para a determinação da velocidade imposta a cada motor.

As variáveis Comprimento, Done, e Homing dizem respeito ao controlo da distância percorrida durante o enrançamento, isto é, a variável comprimento irá colocar o valor pretendido no parâmetro Distance do bloco Home, a variável Homing irá colocar o parâmetro Enable a True dando início à contagem da distância percorrida e a variável Done estará ligada ao parâmetro

Done do bloco Home de forma a ler o seu valor avisando assim o operador quando o processo terminar.

As variáveis Stop1, RunReverse1, RunForward1, Stop2, RunReverse2 e RunForward2 serão responsáveis pelas acções de início de movimento de cada motor, quer seja para a frente ou para trás, assim como de paragem caso o operador dê indicação para tal.

Quanto às variáveis de anomalia, estas servirão para monitorizar os 4 circuitos de sensores de anomalia presentes, dando indicação ao operador sempre que uma anomalia ocorrer.

### 7.3.3.5 Interface Gráfica:

Quanto ao menu de desenho da parte gráfica, trata-te de um menu de fácil edição onde podemos criar as páginas referentes aos menus que o operador irá utilizar, introduzindo em cada um deles toda a informação e opções necessárias para que seja acessível para o operador a navegação entre os menus assim como a monitorização e comando dos motores.

Tal como definido na estruturação da interface gráfica, existirão 7 menus principais que o operador irá dispor para controlar a máquina.

Para melhor explicar o funcionamento dos menus talvez seja melhor explicar um de cada vez a começar pelo menu principal.



Figura 7.13 - Menu Principal

Neste menu podemos ver as opções de autenticação do operador assim como, em baixo, um campo de visualização das últimas entradas no sistema, com possibilidade para alteração da password de utilizador caso tenha a permissão para o fazer.



Podemos ver também as opções de Executar Produto e Manutenção que como os seus nomes indicam, irão reencaminhar para os menus respectivos de forma a possibilitar ao operador realizar as acções que pretende.

É de salientar aqui também, a existência de botões de atalho na consola, mostrados do lado esquerdo, e um outro em baixo com a indicação de menu escrita.

Apesar de a consola ser táctil estes botões serão úteis para permitir uma segunda localização para actuação das operações, diminuindo assim o desgaste do monitor com as consecutivas pressões de utilização sobre o vidro táctil.

Quanto ao botão de atalho com a indicação de menu escrita, este será configurado para a partir de qualquer ponto ser possível voltar a este menu principal mais facilmente.

Continuando então por exemplo para a opção de manutenção, iremos ver o seguinte menu:

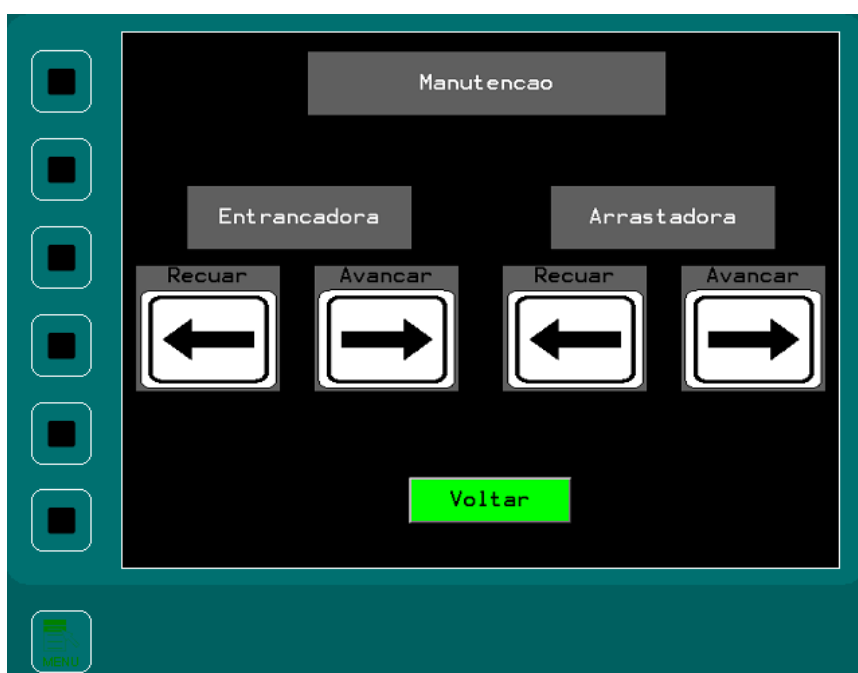


Figura 7.14 - Menu de Manutenção

Neste menu será possível, através do toque com o dedo, nas setas de avançar ou recuar, fazer mover cada um dos motores, separadamente, a uma velocidade baixa, permitindo assim a colocação das máquinas na posição mais acessível para a realização de uma possível manutenção.

De notar que os motores girarão apenas enquanto o operador tiver o dedo a pressionar uma das setas, sendo que a partir do momento em que o tira, o motor em questão para, tornando assim muito fácil de controlar manualmente a posição das máquinas.

Assim que a manutenção estiver concluída poderá carregar no botão de voltar, e regressará então ao menu principal.

Uma vez de volta ao menu principal, podemos então agora ver duas opções para executar produto.

A opção Executar Produto, neste momento, irá encaminhar o operador para a opção de executar produto de forma manual, ou seja, o operador terá que colocar manualmente as variáveis características para o produto a fabricar, nomeadamente o valor do passo pretendido e a distância a enraçar para que a máquina possa realizar o produto.

Futuramente será adicionado uma outra opção, para executar produto de forma automática, onde se poderão posteriormente pré-programar cenários para cada produto, de forma ao operador apenas ter de escolher qual o produto que quer realizar, sem ter que conhecer as variáveis necessárias para cada um deles.

Contudo, para já a opção manual será a única opção disponível pelo que primeiro, o sistema terá de passar por um período de testes, de forma a ajustar os valores a cada tipo de produto, sendo que só depois de bem definidos os parâmetros necessários para desenvolver cada um deles poderá ser programada a sua realização automática apenas pela escolha da designação do produto.

Continuando então com o processo de fabrico, ao carregar em Executar Produto (Manual), o operador será enviado para um menu de ajuda à colocação da alça em posição, para iniciar o enraçamento.



Figura 7.15 - Menu de colocação da alça em posição.

Este menu tem o mesmo funcionamento que o menu de Manutenção, pelo que é possível o operador ajustar facilmente a posição das máquinas para facilitar a colocação da alça em posição de inicio de entrançamento.

Assim que terminada a colocação da alça, ao carregar em Continuar, o operador irá para o menu seguinte de definição das variáveis.

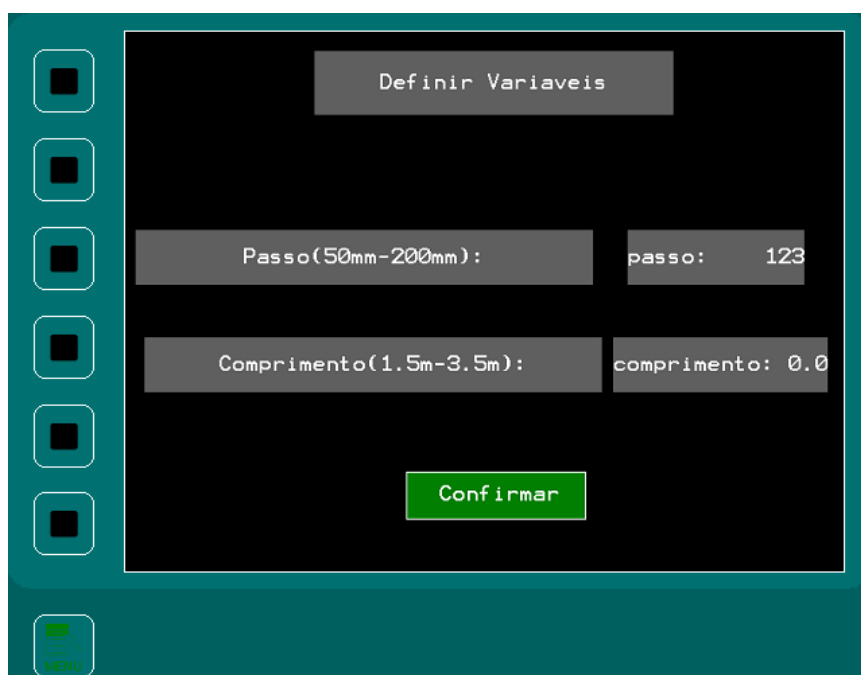


Figura 7.16 - Menu de Definir Variáveis

Neste menu, o operador irá definir as variáveis que pretende para o produto a laborar. Para isso bastará pressionar com o dedo em cima do número do passo e do comprimento e aparecerá no ecrã um teclado numérico para que possa inserir o valor que pretende. Assim que tiver escolhido os valores pretendidos, poderá carregar em continuar que será encaminhado para o menu de Produto em Execução.

É no entanto de salientar que o programa está preparado para interpretar o valor do passo escolhido, sendo que poderá ter diferentes procedimentos, dependendo se o passo é menor ou maior que 127mm, o valor estipulado de transição entre as relações das velocidades dos motores.

De notar também a existência de limites impostos às variáveis, sendo que o programa apenas permite a introdução de valores dentro desses limites, caso contrário não aceitará o valor colocado.



Figura 7.17 - Menu de Produto em Execução

Uma vez no menu de Produto em Execução o operador poderá verificar uma última vez se os valores de passo e comprimento desejados se encontram correctos, sendo que são possíveis de alterar caso não estejam.

Assim que o operador entender poderá então carregar em Iniciar e verá de imediato a máquina a iniciar o seu movimento, assim como a indicação no ecrã das velocidades dos motores irão ser actualizadas para os seus valores reais.

Em qualquer instância do funcionamento o operador poderá manualmente ajustar as velocidades dos motores caso entenda necessário para o cumprimento das normas de qualidade exigidas para o produto.

Estando então o produto agora em fabricação, podem ocorrer agora duas coisas, ou tudo corre segunda a normalidade e a distância pretendida chega ao fim concluindo assim o produto, ou pode ainda ocorrer uma qualquer anomalia, o que provocará a paragem da máquina.

Então sendo assim, caso ocorra uma anomalia, as máquinas pararão de imediato e o operador será enviado para o menu de Resolução de Erro.



Figura 7.18 - Menu de Resolução de Erro

Neste menu, para além do operador poder, tal como no menu de Manutenção, mover os motores independentemente e lentamente, caso necessite de alterar as suas posições para corrigir a avaria, pode ainda também visualizar qual a avaria ocorrida para mais facilmente a poder identificar e desse modo corrigir.

Os quatro sinais a vermelho visíveis neste menu, representam, cada um, um sinal de anomalia, sendo que estão os 4 programados para apenas aparecerem no ecrã caso a anomalia respectiva seja efectivamente detectada, ou seja, quando ocorrer uma anomalia, neste ecrã o operador não vai ver os 4 sinais vermelhos mas sim apenas o sinal respectivo à anomalia detectada, facilitando assim a detecção do problema para um mais rápido solucionamento.

Após consertada a avaria, o operador poderá então carregar em voltar, o que o levará novamente para o menu de produto em execução, podendo então retomar o processo de fabrico até então interrompido.

### 7.3.3.6 Programação:

Quanto à programação dos botões existentes na interface gráfica, em grande parte foi possível configura-los no próprio menu de opções de cada botão, pois apenas executam acções do tipo:

GotoPage(nomedapagina);

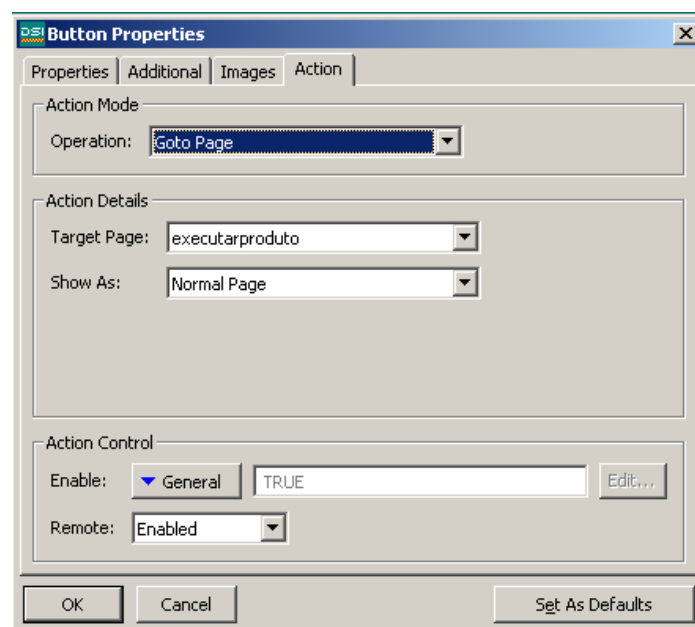


Figura 7.19 - Exemplo de programação básica de acção para um botão

Contudo alguns exigem a realização de várias acções em simultâneo, pelo que para esses foi necessário recorrer ao menu de a programação disponível no software, que através de uma linguagem simples similar ao “C”, é possível garantir a execução de várias acções consoante o objectivo pretendido pelo botão a programar.

Esses programas serão depois invocados pelos próprios botões, podendo optar-se por invocar um programa por exemplo ao pressionar o botão e/ou ao largar o botão.

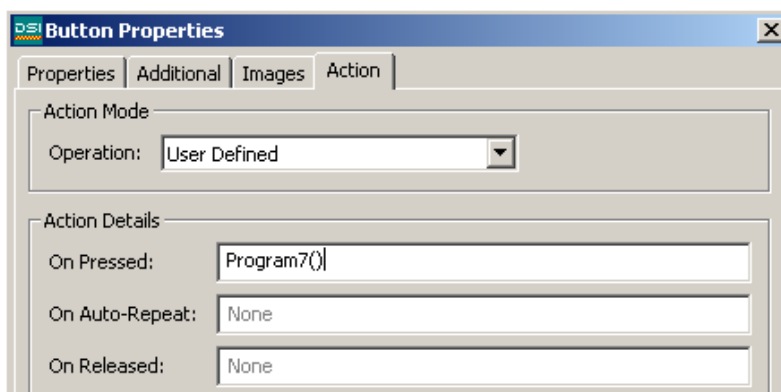


Figura 7.20 - Exemplo de invocação de um programa.

Na figura seguinte podemos ver o menu de programação:

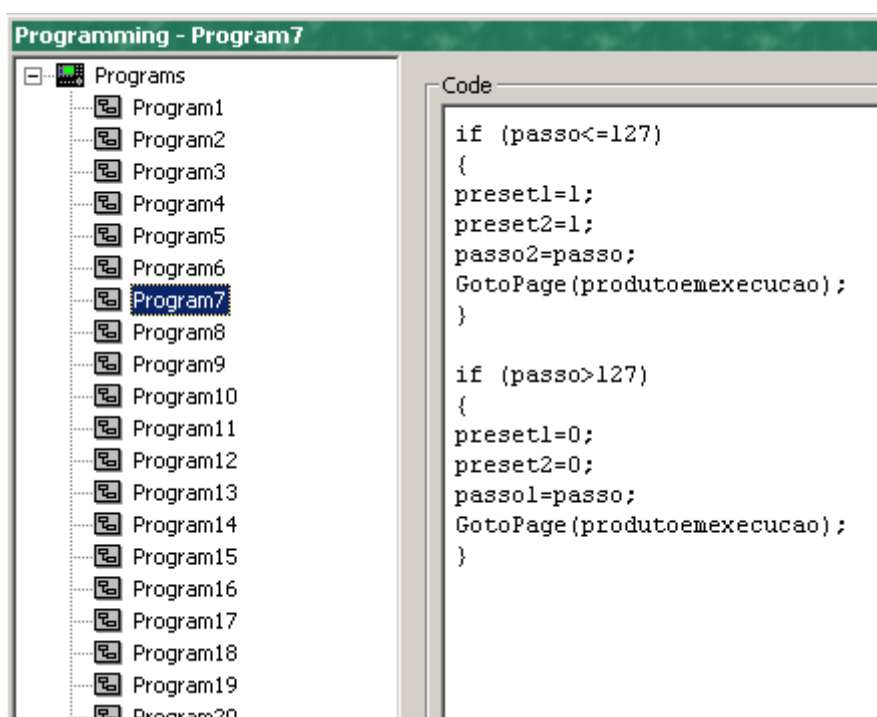


Figura 7.21 - Vista do menu de programação – Programming

Neste menu foi possível elaborar todos os programas necessários para que os botões fossem capazes de realizar as operações para que foram pensados.

Nesta imagem de exemplo, podemos ver o programa 7 que será invocado pelo botão de Continuar no menu de Definir Variáveis.

Tal como podemos ver, ao carregar em Continuar após ter definido as variáveis de passo e comprimento, o programa irá verificar se o passo escolhido se situa acima ou abaixo do valor de transição 127mm, dando a ordem indicada aos variadores de forma a estes assumirem os valores correctos para as velocidades dos motores e para o passo.

Quanto ao comprimento, embora tendo sido também definido neste menu, não aparece aqui no programa porque essa variável encontra-se já endereçada ao parâmetro correcto no variador do motor da arrastadora, pelo que será logo colocado na posição correcta assim que definido, já o mesmo não acontece com o passo, pois conforme referido anteriormente, o passo que é definido pelo operador vai para uma variável local na própria consola, sendo que só após essa variável ser comparada com o valor de transição 127mm, é que será endereçada para o parâmetro correcto do variador que necessitar desta variável para o cálculo da sua velocidade.

### 7.3.3.7 Controlo de Acessos:

E por fim temos ainda o menu de controlo de acessos, onde iremos introduzir os dados dos operadores autorizados a trabalhar com estes equipamentos, dando-lhes assim as permissões necessárias para que possam desenvolver o trabalho para o qual foram instruídos.

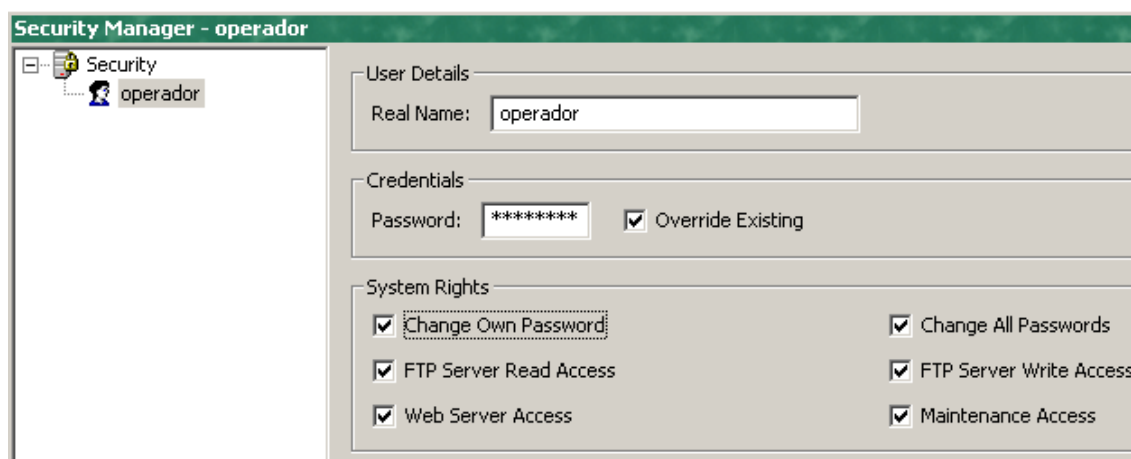


Figura 7.22 - Vista do menu de controlo de acessos – Security Manager



# Conclusões

Chegado ao fim o período de execução deste projecto, agora é altura de fazer um rescaldo de tudo o que aconteceu ao longo deste tempo e tirar assim algumas relações relativamente ao percurso percorrido durante todo este tempo.

O projecto pretendia-se que por esta altura já estivesse em fase de implementação, contudo, infelizmente, e por razões que me são alheias, não foi ainda possível chegar a essa fase.

Essa impossibilidade deveu-se sobretudo a atrasos significativos na entrega de alguns equipamentos, nomeadamente da máquina de arrastar por exemplo, que apenas chegou à fábrica no final de Maio, sendo que se trata de uma máquina usada, velha, que precisará ainda de um período de reconstrução para que fique apta para ser utilizada, o mesmo se pode dizer da máquina de entrançar, que apesar de se encontrar na fábrica desde o início, não foi ainda possível proceder à reparação da mesma a fim de a colocar em condições de ser montada.

Quanto ao sistema de controlo propriamente dito, este foi já parcialmente ensaiado durante a fase de programação, nas instalações da Mais Automação, testando-se aí o seu funcionamento com 2 motores similares aos existentes na fábrica e usando interruptores simples, alimentados a 24V, para simular os sinais provenientes dos sensores.

Nesses ensaios foi possível verificar que o sistema encontra-se apto para a elaboração das tarefas idealizadas e pretendidas, sendo que agora restará apenas procurar implementa-lo e testa-lo no caso real, com as máquinas da fábrica, onde existirão naturalmente inércias que causarão alterações possivelmente significativas nas variáveis, alterando assim o seu funcionamento.

Para essa implementação, assim que as máquinas estejam prontas, será preciso ainda um longo percurso de ensaios para que se consiga determinar todas as variáveis reais necessárias para a elaboração de uma gama de produtos tão vasta como a que pretendem efectuar com esta máquina, no entanto estarei disponível para dar todo o apoio durante essa fase de implementação para que o projecto possa vir a ser realmente terminado.



## Anexos

### *Especificações técnicas do variador 650V:*



## Specifications

### Power Supply

#### Single phase units;

220-240Vac  $\pm 10\%$ , 50-60Hz  $\pm 5\%$

#### Three phase units;

380-460Vac  $\pm 10\%$ , 50-60Hz  $\pm 5\%$

### Ambient

0-40°C (derate to 50°C)

Up to 1000m ASL (derate > 1000m)

IP20 protected

### Overload

150% Constant torque ratings

110% Variable torque rating (pump and fan)

### Output Frequency

0-240Hz (AC650), 0-120Hz (AC650V)

### Standards

The AC650 series meets the following standards when installed in accordance with the relevant product manual.

- CE Marked to EN50178 (Safety, Low Voltage Directive).
- CE Marked to EN61800-3 (EMC Directive).
- UL listed to US standard UL508C.
- cUL listed to Canadian standard C22.2 #14.

### Inputs/Outputs

#### Analog Inputs

2; Speed Control.

0-10V, 0-10V/4-20mA (summing)

#### Analog Outputs

1; User configurable output frequency/load  
0-10V

#### Digital Inputs

3-AC650, 5-AC650V; User configurable start/stop/direction/ pre-set speeds (8)

#### Digital Input/Outputs

1-AC650, 2-AC650V; User configurable as inputs or outputs

#### Digital Relay Outputs

1; Relay output 4A @ 240V

All digital outputs configurable for; at (not at) speed/at (above) min speed/running (stopped)/healthy (tripped)/above (below) pre-set load

#### Motor Thermistor Input

#### Power Supply Outputs

24V dc (50mA) – Digital I/O supply

10V dc (10mA) – Analog reference supply

### Communications Options

RS485/RS232 – AC650V and 650

PROFIBUS – AC650V only

### User Selectable

#### Pre-programmed Application Macros

Simply select your relevant application and the drive's inputs, outputs and parameter list are automatically configured for you.

- **Basic Speed Control** – voltage or current source speed demand with digital start/stop and direction.
- **Manual/ Auto Control** – switch between a local or remote speed demand signal.
- **Preset Speeds** – select up to 8 preprogrammed speeds selected by digital inputs.
- **Raise/Lower** – increase and decrease speed from raise/lower digital inputs. (Digital MOP)
- **PID Control** – control pressure, flow, temperature or other variable by monitoring transducer feedback.



Correct at time of going to press.

## Especificações técnicas do variador 690+:



### Overload

- Constant Torque Ratings; 150% for 60 seconds, 180% for 1 second
- Quadratic Torque Ratings; 115% for 60 seconds

### Output Frequency

- 0 - 1000 Hz; V/Hz mode
- 0 - 350 Hz; closed loop vector mode
- 0 - 120 Hz; sensorless vector mode

### Ambient

- Constant Torque Ratings; 0 - 45°C (40°C with IP40 Cover)
- Quadratic Torque Ratings; 0 - 40°C (35°C with IP40 Cover)  
Derate from temperatures above to 50°C max.
- Altitude up to 1000m ASL  
Derate 1% per 100m above 1000m

### Switching Frequency

- Package size C - E; 3 or 6 KHz
- Package size F - K; 3 KHz  
Some exceptions apply  
All with audibly silent switching frequency

### Dynamic Braking

- Each drive can be fitted with an internal dynamic brake switch, external for frames G, H and J  
Package Size B and C; Standard  
Package Size D - K; Optional

### Optional Equipment

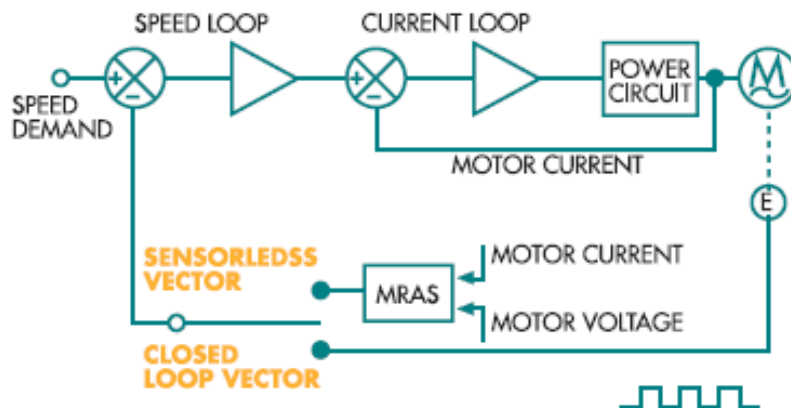
- Serial Communication Technology Box
  - ProfibusDP
  - DeviceNET
  - Controlnet
  - Canopen
  - Ethernet
  - LINK
  - Lonworks
  - El Bisynch/Modbus/RS422/RS485
- Encoder Feedback Technology Box
- Systems Expansion Module providing;
  - 6 Digital I/O
  - 4 12 bit Analog Inputs
  - 2 Reference Encoder Inputs
  - 2 High Speed Register Mark Inputs
- EMC Compliant Filters
- IP54 Protected Modules
- Long Cable Output Chokes

### Inputs/Outputs

- Analog Inputs (4 Total - All user configurable)  
10 bit (12 bit with systems expansion module);  
0 - 10V, 0 -  $\pm 10V$ , 0 - 20mA or 4 - 20mA
- Analog Outputs (3 Total - All user configurable)  
10 bit; 0 - 10V, 0 -  $\pm 10V$ , 0 - 20mA or 4 - 20mA
- Digital Inputs (8 Total - All user configurable)  
Nominal 24V dc (30V dc max.)
- Digital Outputs (3 Total - All user configurable)  
Voli free relay contacts, 3A at 230Vac max.
- Reference Supplies
  - +10V dc
  - 10V dc
  - +24V dc

### Standards

- The 690+ series meets the following standards when installed in accordance with the relevant product manual.
- CE Marked to EN50178 (Safety, Low Voltage Directive)
- EN61800-3 (EMC)
- UL listed to US and Canadian safety standard UL508C



## ***Especificações técnicas da consola HMI:***



### **Specifications:**

The following specifications pertain to the TS8000 series HMI. SSD Drives retains the right to modify specifications at any time, without prior notice.

#### **Power Requirements:**

+24vdc (+/- 20%) @ 9.5W max (TS8003), 14W max (TS8006), 24W max (TS8008), 33W max (TS8010), 67W max (TS8015) - must use Class 2 or SELV rated power supply

Power connection is available via removable 3-position terminal block. Note: The TS8000's 0v common is not connected to the unit's chassis.

#### **Battery:**

Lithium CR2025 "button" cell. Typical lifetime of 10 years.

#### **Keypad:**

TS8003: 8 user assignable keys, 5 navigation keys, 12 numeric keys, 4 dedicated keys, and 3 soft keys. TS8006: 5 keys for on-screen menus. TS8008: 7 keys for on-screen menus. TS8010: 8 keys for on-screen menus. TS8015: 10 keys for on-screen menus.

#### **Touchscreen:**

Resistive Analog Type (TS8006, TS8008, TS8010, TS8015).

#### **Memory:**

User: 4Mb (TS8003, TS8006), 8Mb (TS8008, TS8010), 32Mb (TS8015) onboard non-volatile flash memory.

Memory Card: CompactFlash Type II slot for Type I and Type II CF cards.

#### **Communications:**

USB Port: Adheres to USB 1.1 specification. Device only using Type B connection.

Serial Ports: Format and baud rates are individually programmable up to 115.2kb.

- PGM Port: RS-232 port via RJ-12.
- COMMS Ports: RS-232 port via RJ-12. RS-422/485 port via RJ-45.
- DH485 TxEn: Transmit Enable; open collector, Voh = 15vdc, Vol = 0.5vdc @ 25mA max.

Ethernet Port: 10/100 Base-T. RJ-45 jack is wired as a NIC.

#### **Environmental Conditions:**

Operating Temperature Range: 0 to 50 deg C.

Storage Temperature Range: -20 to 70 deg C. (TS8003, TS8006, TS8015) or 80 deg C. (TS8008, TS8010)

Operating and Storage Humidity: 80% maximum relative humidity (non-condensing) from 0 to 50 deg C.

**Altitude:** Up to 2000 meters.

#### **Construction:**

Steel rear metal enclosure with NEMA 4X / IP66 aluminum front plate when correctly fitted with the provided gasket.

Installation Category II, Pollution Degree 2.

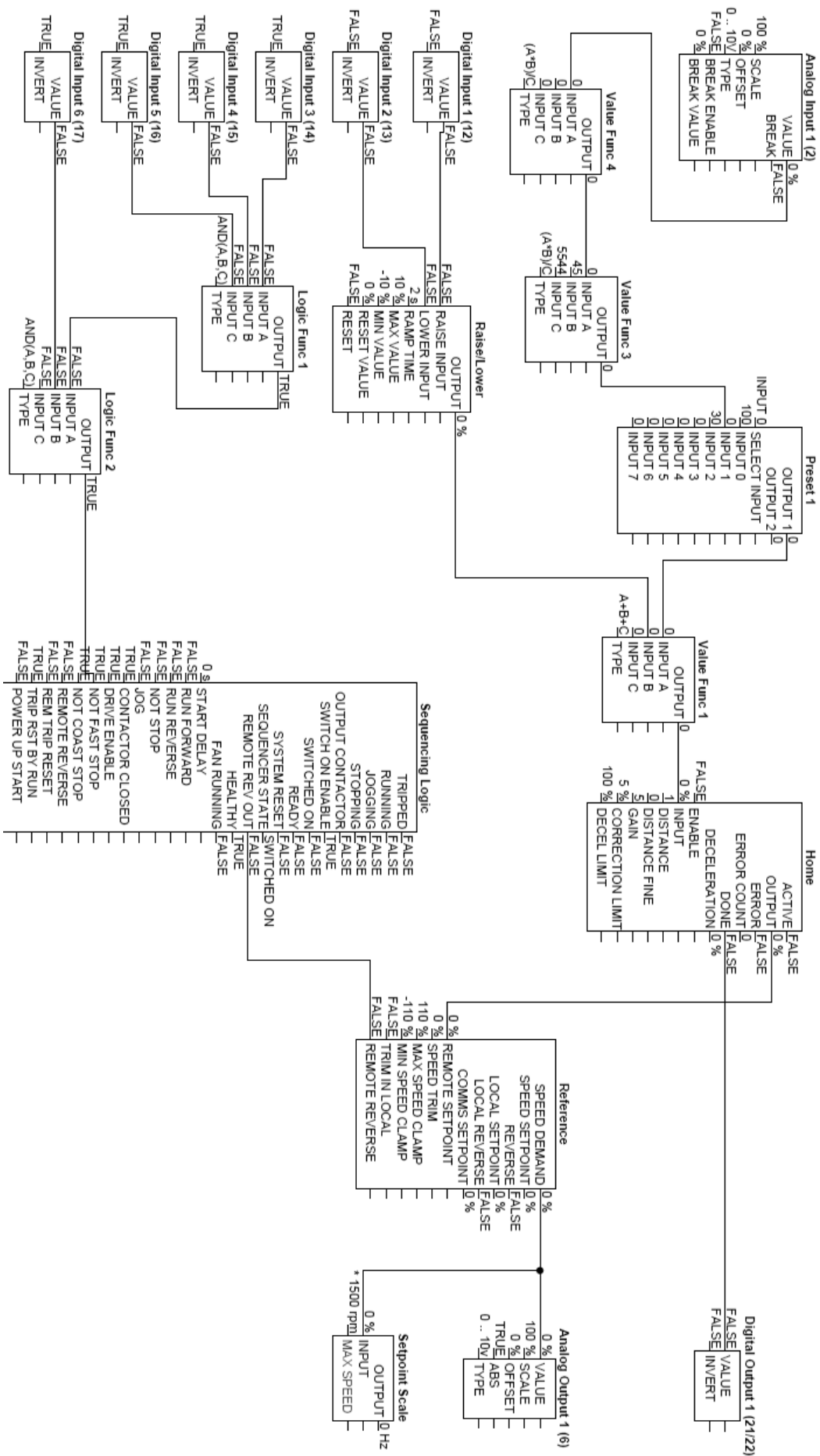
#### **Mounting Requirements:**

Maximum panel thickness is 0.25 inch (6.3 mm). For NEMA 4X / IP66 sealing, a steel panel with a minimum thickness of 0.125 inch (3.17 mm) is recommended. Refer to "TS8000 Getting Started" guide (HA421056U001) for cut-out specifications.

#### **Weight:**

TS8003: 1.96 lbs (0.89 kg). TS8006: 3.00 lbs (1.36 kg). TS8008: 3.84 lbs (1.74 kg). TS8010: 5.53 lbs (2.51 kg). TS8015: 11.41 lbs (5.17 kg).

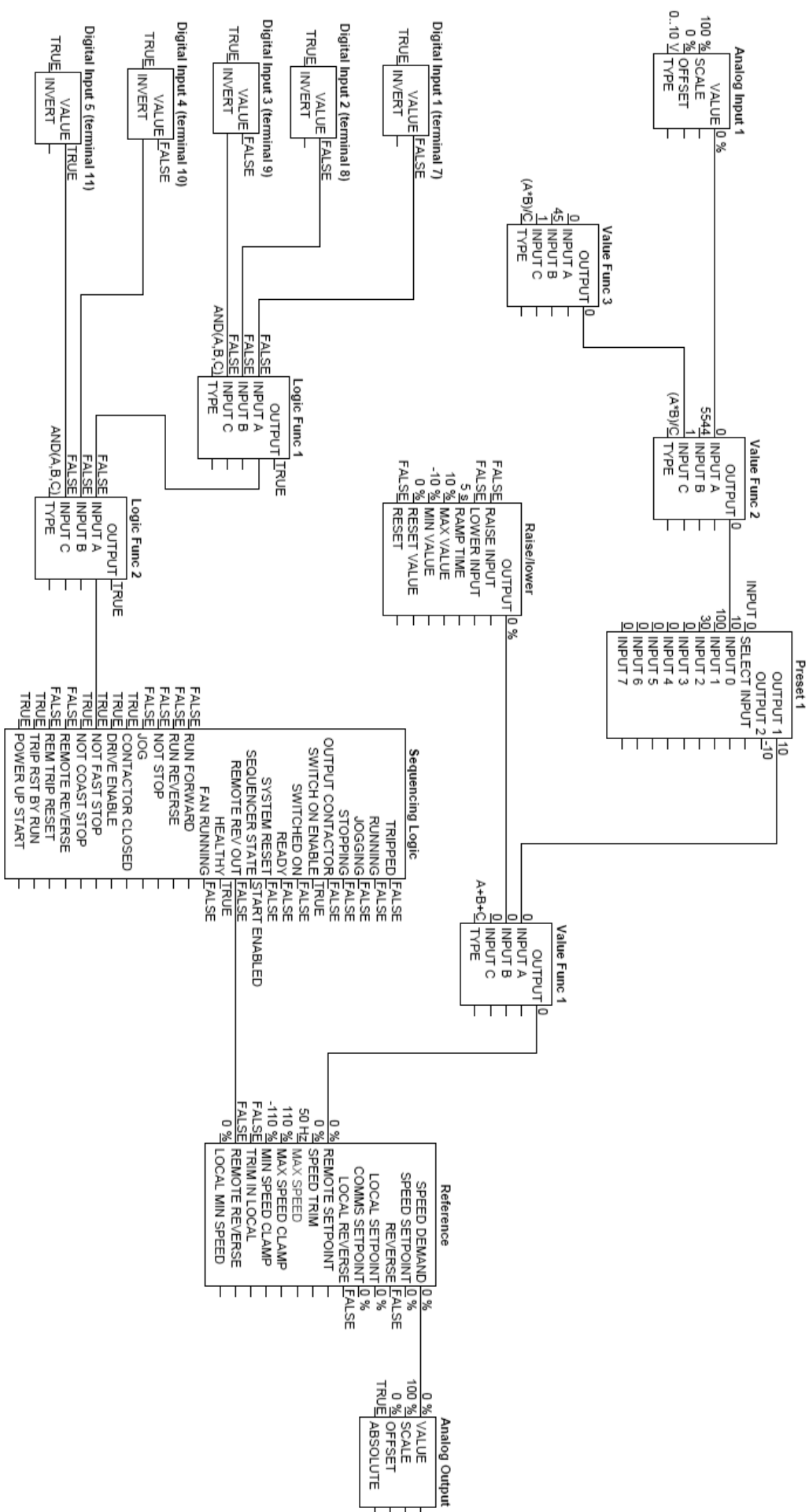
# Programação do variador 690+



112



## Programação do variador 650V



## Programação do variador 650V

Motor Data	
50 Hz	BASE FREQUENCY
400 V	MOTOR VOLTAGE
20 A	MOTOR CURRENT
6 A	MAG CURRENT
1480 RPM	NAMEPLATE RPM
4 POLE	MOTOR POLES
VOLTS/Hz	CONTROL MODE
11 kW	POWER
STAR	MOTOR CONNECTION
0.86	POWER FACTOR
2	OVERLOAD
0.7698 ohms	STATOR RES
24.5 mH	LEAKAGE INDUCT
98.01 mH	MUTUAL INDUCT
379.56 ms	ROTOR TIME CONST

Pattern Gen	
TRUE	DRIVE FREQUENCY
TRUE	RANDOM PATTERN
2 s	DEFUX DELAY

Current Limit	
150 %	CURRENT LIMIT
TRUE	REGEN LIM ENABLE

Inj Braking	
0.5 s	DEFUX TIME
9 Hz	FREQUENCY
100 %	LIM LEVEL
2 s	DC PULSE
1 s	FINAL DC PULSE
2.5 %	DC LEVEL
60 s	TIMEOUT
100 %	BASE VOLTS

Stabilisation	
TRUE	ENABLE

Slew Rate Limit	
TRUE	ENABLE
500 Hz/s	ACCEL LIMIT
500 Hz/s	DECEL LIMIT

Torque Limit	
200 %	ACTUAL POS LIM
150 %	ACTUAL NEG LIM
-200 %	POS TORQUE LIM
200 %	NEG TORQUE LIM
200 %	MAIN TORQUE LIM
FALSE	SYMMETRIC LIM
150 %	FAST STOP T-LIM

Slip Comp	
FALSE	ENABLE
150 RPM	MOTORING LIMIT
150 RPM	REGEN LIMIT

Dynamic Braking	
TRUE	ENABLE
100 OHM	BRAKE RESISTANCE
0.1 kW	BRAKE POWER
25	1SEC OVER RATING

Feedbacks	
578 V	DC LINK VOLTS
0 %	MOTOR CURRENT %
0 A	MOTOR CURRENT A
0 V	TERMINAL VOLTS
0 RPM	SPEED FBK RPM
0	SPEED FBK REV/S
0 %	SPEED FBK %
0 %	TORQUE FEEDBACK
0 %	FIELD FEEDBACK
FALSE	NORMAL DUTY

Voltage Control	
NONE	VOLTAGE MODE
100 %	BASE VOLTS

Stall Trip	
600 s	STALL TIME
100 %	STALL LIMIT
TRUE	STALL LIMIT TYPE

Autotune	
FALSE	ENABLE
ACTIVE	MODE
0x0000	TEST DISABLE

Flycatching	
FALSE	VHz ENABLE
TRUE	VECTOR ENABLE
ALWAYS	START MODE
BIDIRECTIONAL	SEARCH MODE
9 %	SEARCH VOLTS
40 %	SEARCH BOOST
10 s	SEARCH TIME
5 Hz	MIN SEARCH SPEED
3 s	REFUX TIME

Energy Meter	
0 kW	POWER
0	REACTIVE POWER
1	ENERGY USED
FALSE	RESET

Brake Control	
FALSE	RELEASE
FALSE	HOLD
50 %	ON LOAD
5 Hz	ON FREQUENCY
3 Hz	OFF FREQUENCY
0 s	ON HOLD TIME
0 s	OFF HOLD TIME

Encoder	
0	SPEED
0	POSITION
QUADRATURE	MODE
FALSE	RESET
FALSE	INVERT
100	LINE
1	SPEED SCALE

Inverse Time	
FALSE	IT LIMITING
150 %	INVERSE TIME OP
105 %	AIMING POINT
30 s	DELAY
10 s	DOWN TIME
120 s	UP TIME

# Bibliografia

1. Noções de dimensionamento de canalizações eléctricas 1996 , Manuel António Matos
2. DGGE - 1ª Edição Anotada – RTIEBT - Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão
3. Decreto-Lei nº 50/2005 de 25 de Fevereiro, do ministério das actividades económicas e do trabalho
4. Decreto-Lei nº 320/2001 de 12 de Dezembro, do ministério da economia
5. Decreto-Lei n.º 103/2008 de 24 de Junho, do ministério da economia e da inovação
6. Norma de Formatação e Orientações para a Escrita de Dissertações ou Relatórios de Projecto do MIEEC, FEUP, Maio 2008
7. 650V Software Manual, SSD Drives. Disponível em <http://www.ssddrives.com>.
8. 650V Installation Manual, SSD Drives. Disponível em <http://www.ssddrives.com>.
9. 690+ Software Manual, SSD Drives. Disponível em <http://www.ssddrives.com>.
10. 690+ Installation Manual, SSD Drives. Disponível em <http://www.ssddrives.com>.
11. RS485 Manual for 650V, SSD Drives. Disponível em <http://www.ssddrives.com>.
12. RS485 Manual for 690+, SSD Drives. Disponível em <http://www.ssddrives.com>.
13. TS8000 Cable Diagrams, SSD Drives. Disponível em <http://www.ssddrives.com>.
14. HMI - DSI8000 Software Manual, SSD Drives. Disponível em <http://www.ssddrives.com>.
15. Catálogo Electrónico, Schneider Electric. Disponível em <http://www.schneiderelectric.pt>